



Nº 294

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
ÁREA DE ADMINISTRAÇÃO E POLÍTICA  
DE RECURSOS MINERAIS

JOSÉ ANTONIO BASSO SCALEANTE

200333681

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE ATIVIDADES TURÍSTICAS EM CAVERNAS

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências  
como parte dos requisitos para obtenção do título de  
Mestre em Geociências.

Orientador: Prof. Dr. HILDEBRANDO HERRMANN

Este exemplar corresponde  
redação final da dissertação defendida  
por José Antonio Basso Scaleante  
a orientação do Prof. Dr. Hildebrando Herrmann  
em 18/09/03.

CAMPINAS - SÃO PAULO

setembro - 2003

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

UNIDADE	36
Nº CHAMADA	Unicamp
	Sca44a
V	EX
TOMBO BCI	56263
PROC.	16-1224/03
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	4/11/03
Nº CPD	

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DO IG - UNICAMP

CM001B9465-B

BIBID 305023

Scaleante, José Antonio Basso  
Sca44a Avaliação do impacto de atividades turísticas em cavernas / José  
Antonio Basso Scaleante.- Campinas, SP.: [s.n.], 2003.

Orientador: Hildebrando Herrmann  
Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Instituto  
de Geociências.

1. Ecoturismo – Legislação. 2. Cavernas. 3. Educação  
Ambiental. I. Herrmann, Hildebrando. II. Universidade Estadual de  
Campinas, Instituto de Geociências III. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
ÁREA DE ADMINISTRAÇÃO E POLÍTICA  
DE RECURSOS MINERAIS

AUTOR: José Antonio Basso Scaleante

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE ATIVIDADES TURÍSTICAS EM CAVERNAS

ORIENTADOR: Prof. Dr. Hildebrando Herrmann

Aprovado em: 18/09/03

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Hildebrando Herrmann

Prof. Dr. Roberto Fernandes Tavares Filho

Prof. Dra. Maria Tereza D. P. Luchiari

- Presidente

Campinas, 17 de setembro de 2003.

---

*Dedico este trabalho aos meus pais,  
Santa e Antonio (em memória),  
Minha esposa Oscarlina e  
Meus filhos Vivian e Régis*

## AGRADECIMENTOS

*Ao Professor Dr. Hildebrando Herrmann, pela amizade, apoio e ensinamentos para a realização deste trabalho.*

*Ao Professores Dr. Luiz Augusto Milani Martins e Dra. Maria Tereza D. P. Luchiari, pela valiosa orientação à época da qualificação.*

*À Universidade Estadual de Campinas, através do Instituto de Geociências, Departamento de Administração e Política de Recursos Minerais, pela participação no Programa de Pós-graduação, bem como aos Professores pelos conhecimentos transmitidos, e à secretária Valdirene Pinotti, pela presteza e boa-vontade dedicada aos pós-graduandos.*

*Ao Professor Dr. Roberto Fernandes Tavares Filho, por toda dedicação durante o trabalho e também por projetar e construir os equipamentos usados na pesquisa de contagem de pessoas e registro de atividades.*

*Ao CenPRA, Centro de Pesquisa Renato Acher, por disponibilizar os equipamentos para o desenvolvimento da pesquisa de campo e laboratório.*

*Os pesquisadores do CenPRA, Vítor Pelegrini Mammana e Thebano Emílio de Almeida Santos, pela contribuição nos trabalhos de campo e laboratório.*

*À empresa SOLBET e seu funcionário Thiago Pinheiro Pedro e o estagiário Luis Augusto Hirochi Yamada, pelos equipamentos construídos e cedidos gratuitamente e pelas horas disponibilizadas para a pesquisa.*

*Ao Professor Dr. Ivo Karmann, pelo profundo conhecimento que possui e pela colaboração prestada em diversas etapas do trabalho e também pelo empréstimo dos equipamentos HOBO, utilizados para registro de temperatura e umidade, os quais foram adquiridos através do projeto FAPESP nº 9910351-6 referente ao Estudo de Registro Paleo Ambiental do Quaternário no Carste do Brasil, sob sua responsabilidade.*

*Ao geólogo doutorando pela USP, Francisco Willian da Cruz Júnior pelo apoio durante os trabalhos de campo e fornecimento de dados de relevância para a pesquisa.*

*A Jurandir Aguiar dos Santos, por coletar informações e prestar assistência, inclusive levando alimentos, a Dan Robson, durante sua permanência na Caverna do Alambari de Cima.*

*Aos monitores ambientais locais e funcionários do Parque, sempre prestativos em ajudar na instalação dos equipamentos nas cavernas pesquisadas.*

---

*Ao IPHAN do Mato Grosso do Sul, pelo empréstimo dos equipamentos TESTO, utilizados para registros da temperatura e umidade relativa do ar.*

*À Maria Margareth Escobar Ribas, diretora da 11ª Sub Regional / IPHAN – MS, por intermediar o empréstimo dos medidores TESTOSTOR 175-2.*

*Aos colegas do curso de Pós-graduação, que compartilharam esta etapa na vida.*

*Ao amigo e espeleólogo Clayton Ferreira Lino, que muito me incentivou e contribuiu com informações direcionadas para uma pesquisa produtiva.*

*Ao amigo e espeleólogo José Ayrton Labegalini, o qual admiro e me espelhei para tirar as fotografias em caverna.*

*A Ricardo José Calembo Marra, gerente do CECAV/IBAMA, por ceder informações do Órgão e pela bem-humorada companhia durante nossas viagens pelo exterior em busca de informações que viessem agregar valor à pesquisa.*

*Ao amigo espeleólogo Marcelo Sgarbi, pela importante contribuição e contagiante entusiasmo por nossa Espeleologia.*

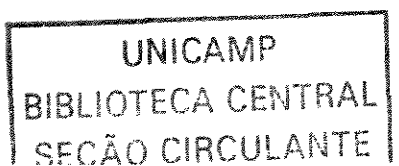
*À Sociedade Brasileira de Espeleologia, que me transforma em um eterno apaixonado pelas cavernas.*

*À sociedade espeleológica como um todo e em particular aos meus amigos espeleólogos do GESCAMP-Grupo Espeleológico de Campinas e integrantes de outros grupos do Brasil e do exterior, pela convivência durante tantos anos de trabalho, divertimento e desafios.*

*À família de Carlos e Angelita, sempre contribuindo sem medir esforços para que os trabalhos de campo tivessem sucesso.*

*A Dan Robson, por enfrentar o desafio de permanecer 61 dias dentro de uma caverna sem contato direto com o exterior, tendo com isso muito contribuído para a presente pesquisa.*

*A todas as pessoas não citadas pelo nome, que de alguma maneira colaboraram, participando, portanto, da realização deste trabalho.*



---

## SUMÁRIO

LISTA DE ANEXOS.....	ix
LISTA DE FOTOGRAFIAS.....	x
LISTA DE GRÁFICOS.....	xi
LISTA DE MAPAS.....	xii
LISTA DE QUADROS.....	xiii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	xiv
LISTA DE TABELAS.....	xv
RESUMO.....	xvi
ABSTRACT.....	xviii

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>01</b>
1.1 Objetivo e justificativa.....	01
<b>2. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS.....</b>	<b>02</b>
<b>3. ROTEIRO METODOLÓGICO.....</b>	<b>06</b>
<b>4. TURISMO EM CAVERNAS.....</b>	<b>06</b>
4.1 PETAR – Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira.....	09
4.2 Impactos do turismo em cavernas.....	09
4.3 Capacidade de carga e níveis de energia da caverna.....	10
4.4 Plano de Manejo Espeleológico.....	14
4.4.1 Fatores de degradação.....	16
4.4.1.1 Distúrbios térmicos.....	18
4.4.1.2 Acúmulo de CO <sub>2</sub> .....	19
4.4.1.3 Iluminação de acetileno.....	19
4.5 Legislação brasileira de proteção a cavernas.....	22
<b>5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PESQUISA.....</b>	<b>25</b>
5.1 Cavernas escolhidas para o estudo / justificativas.....	25

---

5.2 Geologia regional e local.....	29
5.3 Geomorfologia e hidrologia.....	30
5.4 Solos, clima e vegetação.....	31
<b>6. MÉTODOS, MATERIAIS E TÉCNICAS.....</b>	<b>32</b>
6.1 TESTOSTOR 175-2, TESTO: medidores de temperatura e umidade.....	33
6.2 ELCAS 7000: contador de pessoas.....	33
6.2.1 A situação hoje.....	34
6.2.2 O algoritmo RLE original.....	35
6.2.3 A alteração proposta.....	36
6.2.4 Implementação na Caverna de Santana.....	37
6.3 ELCAS 6001: registrador de eventos.....	38
6.3.1 A escolha de um sistema de aquisição.....	40
6.3.2 Implementação na Gruta do Alambari de Cima.....	46
<b>7. RESULTADOS .....</b>	<b>47</b>
7.1 Análise dos gráficos da Caverna de Santana.....	47
7.2 Análise dos gráficos da Gruta do Alambari de Cima.....	53
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>69</b>



---

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b>	Código de ética da SBE .....	69
<b>Anexo 2</b>	Projeto de lei nº 5.071 .....	70
<b>Anexo 3</b>	Decreto nº 99.556 .....	73
<b>Anexo 4</b>	Portaria IBAMA nº 887 .....	75
<b>Anexo 5</b>	Alimentos e equipamentos do Projeto PETAR-61 .....	77

---

2018

---

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

<b>Foto 4.1</b>	Alta energia: galeria do rio, Caverna de Santana .....	11
<b>Foto 4.2</b>	Nível moderado de energia: Caverna Morro Preto .....	12
<b>Foto 4.3</b>	Baixa energia: Salão Taqueupa, Caverna de Santana .....	13
<b>Foto 4.4</b>	Gruta Frassassi: Itália .....	15
<b>Foto 4.5</b>	Gruta Gigante: Itália .....	15
<b>Foto 4.6</b>	Gruta Postojna: Eslovênia .....	15
<b>Foto 4.7</b>	Gruta Skocjanske: Eslovênia .....	15
<b>Foto 4.8</b>	Mammoth Cave: Estados Unidos .....	15
<b>Foto 4.9</b>	Gruta Niaux: França .....	15
<b>Foto 4.10</b>	Espeleotema limpo no Salão do Cristo (1987) .....	17
<b>Foto 4.11</b>	Espeleotema sujo no Salão do Cristo (2001) .....	17
<b>Foto 5.1</b>	Caverna de Santana, galeria do rio .....	27
<b>Foto 5.2</b>	Entrada da Gruta do Alambari de Cima .....	29
<b>Foto 6.1</b>	Medidor TESTOSTOR 175-2 .....	32
<b>Foto 6.2</b>	ELCAS 7000: contador de pessoas .....	33
<b>Foto 6.3</b>	ELCAS 6001: registrador de eventos .....	38
<b>Foto 6.4</b>	Vista interna do ELCAS 6001 .....	38
<b>Foto 7.1</b>	Acampamento de Dan Robson na Gruta do Alambari de Cima .....	53

---

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 7.1</b>	Variação da temperatura do Salão das Flores (Caverna de Santana) .....	51
<b>Gráfico 7.2</b>	Temperatura - média externa da Caverna de Santana .....	52
<b>Gráfico 7.3</b>	Umidade – média externa da Caverna de Santana .....	52

---

---

## LISTA DE MAPAS

- Mapa 1**      Monitoração da quantidade de pessoas simultaneamente com temperatura e umidade relativa do ar: galeria do rio, salões do Encontro e Fafá (Caverna de Santana)
- Mapa 2**      Monitoração de temperatura e umidade relativa do ar na galeria do rio na Caverna de Santana
- Mapa 3**      Registro de temperatura e umidade relativa do ar simultaneamente com a contagem de pessoas na galeria do rio, salões do Encontro e Fafá entre 7 e 9/07/2002
- Mapa 4**      Monitoração do impacto na temperatura e umidade relativa do ar provocado pela presença humana na Gruta do Alambari de Cima entre 12 de agosto a 12 de outubro de 2002
- Mapa 5**      Mapa topográfico da Caverna de Santana – Roteiro Turístico
- Mapa 6**      Mapa topográfico da Gruta do Alambari de Cima
- Mapa 7**      Acessos ao município de Iporanga – SP
- Mapa 8**      Localização da área de estudo – Caverna de Santana e Gruta do Alambari de Cima

---

## LISTA DE QUADROS

**Quadro 5.1** Caverna de Santana

**Quadro 5.2** Gruta do Alambari de Cima

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>APA</b>	Área de Proteção Ambiental
<b>CECAV</b>	Centro de Estudos, Proteção e Manejo de Cavernas
<b>CenPRA</b>	Centro de Pesquisa Renato Acher
<b>CINP</b>	Coordenadoria de Informações Técnicas, Documentação e Pesquisa Ambiental
<b>CNC</b>	Cadastro Nacional de Cavernas
<b>CNIC</b>	Cadastro Nacional de Instrutores e Condutores de Mergulho em Cavernas
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>EIA</b>	Estudo de Impacto Ambiental
<b>EMBRATUR</b>	Empresa Brasileira de Turismo
<b>GESCAMP</b>	Grupo Espeológico de Campinas
<b>GPS</b>	Global Position System
<b>IBAMA</b>	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
<b>IF</b>	Instituto Florestal
<b>IG</b>	Instituto Geológico
<b>IG/USP</b>	Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo
<b>IPHAN</b>	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
<b>PNMT</b>	Programa Nacional de Municipalização do Turismo
<b>SBE</b>	Sociedade Brasileira de Espeologia
<b>SISNAMA</b>	Sistema Nacional do Meio Ambiente
<b>SMA</b>	Secretaria do Meio Ambiente
<b>SNUC</b>	Sistema Nacional de Unidades de Conservação.
<b>TAC</b>	Termo de Ajuste e Conduta

---

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 7.1** Registro de atividades: ELCAS 6001-III

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
ÁREA DE ADMINISTRAÇÃO E POLÍTICA  
DE RECURSOS MINERAIS

## AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE ATIVIDADES TURÍSTICAS EM CAVERNAS

### RESUMO

#### DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

José Antonio Basso Scaleante

Este trabalho constou da análise de vários aspectos de cavernas em rocha calcária que são significativos para sua preservação quando exploradas por atividades turísticas. Seu objetivo principal é oferecer subsídios para determinar a capacidade de carga de uma gruta através de alterações nas medidas de temperatura e umidade relativa do ar, ocasionadas pela presença humana, de modo a determinar o número máximo de pessoas que pode transitar ou permanecer em um determinado espaço no interior de uma caverna sem provocar danos irreversíveis ao ambiente.

A pesquisa foi realizada com uso de equipamentos desenvolvidos especificamente para o caso, com apoio de pesquisadores do Centro de Pesquisa Renato Acher (CenPRA), e com patrocínio da empresa SOLBET Microcontroladores e Robótica, ambos localizados em Campinas. O primeiro equipamento a ser desenvolvido foi um sensor (ELCAS 7000) para registrar o número de pessoas em uma determinada área da caverna, programado para acompanhar a leitura simultânea de temperatura e umidade relativa do ar através de um termohigrógrafo. O segundo equipamento (ELCAS 6001, Tipo III) foi desenvolvido para registro de atividades humanas, simultaneamente com os registros do termohigrógrafo. O ELCAS 7000 (contador de pessoas) foi usado em 2 finais de semana (29 e 30/06/2002; 07, 08 e 09/07/2002, dias de maior visitação) em três pontos da Caverna de Santana ("RIO", "ENCONTRO" e "FAFÁ") em conjunto com os medidores TESTOSTOR 175-2 (termohigrógrafo da TESTO).

Além dessas medições com intervalos de um em um minuto, vinte quatro horas por dia, nesses 3 pontos, nos 2 finais de semana e junto com o ELCAS 7000, os medidores TESTOSTOR 175-2 sozinhos, sem o ELCAS 7000, também foram colocados em outros 7 pontos da galeria do rio da Caverna de Santana em todo o período de 29/06 até 09/07/2002.

Em seguida, a pesquisa se estendeu para determinar o impacto da presença constante de Dan Robson durante sua estada de 61 dias na Gruta do Alambari de Cima, como parte de seu Projeto PETAR-61. De 12 de agosto a 12 de outubro de 2002, temperatura e umidade foram medidas pelo medidor TESTOSTOR 175-2, de uma em uma hora, enquanto o ELCAS 6001-III registrava as atividades de Dan Robson: acordar, preparar refeições, deitar e evacuar e urinar.

De acordo com a lei de proteção a cavernas, em fase de aprovação no Congresso Nacional, qualquer caverna destinada à exploração do turismo deve ter um Plano de Manejo que indique como o impacto ambiental do turismo poderá ser prevenido ou ao menos minimizado, e o modelo aqui descrito é recomendado para atender a esses planos.

Esta metodologia pode determinar o momento e dia do ano em que os limites aceitáveis de temperatura e umidade são ultrapassados, estabelecendo o número máximo de pessoas que pode permanecer ou transitar em um determinado espaço da caverna. Além disso, o monitoramento constante com os equipamentos também gera informações relevantes sobre a necessidade de ações restritivas imediatas.





UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
ÁREA DE ADMINISTRAÇÃO E POLÍTICA  
DE RECURSOS MINERAIS

## EVALUATION OF IMPACT OF ACTIVITIES OF TOURISM IN CAVES

### ABSTRACT

#### MASTER DISSERTATION

José Antonio Basso Scaleante

This thesis provides an analysis of various aspects of limestone caves which are important in their preservation during exploitation for tourism. The main objective was to offer support in the determination of the carrying capacity of a cave by consideration of modifications in temperature and relative humidity of the air when people are present to determine the maximum human presence which is possible without provoking permanent environmental damage.

The research was conducted using equipment especially developed by research workers of the Centro de Pesquisa Renato Acher (CenPRA) and supported by the company SOLBET Microcontroladores e Robótica, both located in Campinas. The first of the pieces of equipment developed consisted of a sensor (ELCAS 7000) designed to register the number of individuals present in an area of a cave which could be programmed to provide a reading at the same time that a thermohygrograph was recording data about the temperature and humidity in the air. The second (ELCAS 6001-III) was designed so that an individual could record the initiation of specific activities in the place where thermohygrograph readings were being taken.

The ELCAS 7000 was used to measure the intense visitation on two consecutive weekends (June 29-30 and July 7-9, 2002) in three areas of the show cave Caverna de Santana: Rio, Encontro, and Fafá. These measurements, taken every minute for twenty-four hours per day, were coordinated with the simultaneous measurements of three thermohygrographs (TESTOSTOR 175-2 loggers by TESTO) installed in the same areas. Moreover, 7 more thermohygrographs were installed at 7 points along the river for the period from June 29 to July 9, 2002, also providing measurements at one-minute intervals.

The research was then extended to investigate the impact of the continuous presence of Dan Robson during his 61-day stay in the Gruta do Alambari de Cima as part of his project PETAR-61. From August 12 to October 12, 2002, the temperature and humidity were measured once every hour.

The ELCAS 6001 was then used to record the initiation of each activity of this individual: waking up, preparing meals, and lying down to sleep, as well as urinating and evacuating.

Under the law for the protection of caves under consideration in the Brazilian National Congress, any cave to be exploited for tourism must present a Plan for Speleological Management to show how the environmental impact of tourism will be prevented or at least minimized, and the methodology tested here is recommended to help during the development of such plans. Not only can it help identify when levels of temperature and humidity have reached unacceptable levels, thus helping determine how many individuals can safely visit or remain in a given room in a cave at any one time or on any one day; moreover, used for constant monitoring, it can also provide information revealing the need for immediate restrictive actions.

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a legislação brasileira, Decreto nº 99.556 (Anexo 3), de 1º de outubro de 1990, artigo 1º, Parágrafo único: *“Entende-se como cavidade natural subterrânea todo e qualquer espaço subterrâneo penetrável pelo homem, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que a sua formação haja ocorrido por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou do tipo de rocha encaixante. Nesta designação estão incluídos todos os termos regionais, tais como gruta, lapa, toca, abismo, fuma e buraco”*.

---

Esses espaços naturais têm despertado o interesse das pessoas, provocando uma demanda sempre crescente em todo mundo nos últimos anos.

Há por volta de 800 importantes cavernas turísticas no mundo, com perto de 170 milhões de visitantes por ano, cada uma demandando por volta de 100 habitantes locais diretamente envolvidos com este trabalho, além de algumas centenas de outras pessoas trabalhando indiretamente para cada trabalhador direto (CIGNA, 1999), portanto, centenas de milhares no mundo. Segundo estimativa de Cigna e Forti (1989), um total de cerca de 10 milhões de pessoas recebem salário proveniente de trabalhos ligados a cavernas turísticas no mundo, sendo que este número poderá aumentar se forem considerados os parques cársticos, não apenas cavernas.

Reportando-se a tais análises, observa-se que o turismo em cavernas não é um fenômeno que possa passar despercebido, pois sua grande vantagem é movimentar a economia.

Estudos e pesquisas não são suficientes para um avanço no setor sem que haja o anteparo de uma legislação. Portanto, a aprovação e a regulamentação da lei de proteção a cavernas, juntamente com um trabalho de educação, poderão preencher a lacuna que atualmente existe no Brasil.

### 1.1 Objetivo e justificativa

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um modelo de observação para contribuir com a definição de capacidade de suporte de uma caverna com base em dois parâmetros, temperatura e umidade, correlacionando-os à quantidade de pessoas, de modo a subsidiar informações para a elaboração de seu Plano de Manejo, instrumento este constante em nova lei de proteção a cavernas, que se acha em processo de aprovação no governo federal brasileiro.

A permanência do ser humano tanto dentro como nos arredores de cavernas interfere substancialmente em seu ecossistema, motivo pelo qual o impacto provocado pela visitação intensiva em cavernas já foi bastante estudado em países desenvolvidos, como França, Estados Unidos, Espanha, Itália. Contudo, estudos relacionados a esse tipo de uso turístico de grutas no Brasil são incipientes, destacando-se hoje apenas quatro cavernas, Ubajara (CE), Bacaetava, Lancinha e Botuverá (PR) em fase de implantação do turismo com planejamento e algumas outras em fase de análise do Plano de Manejo, de acordo com informações obtidas junto ao IBAMA/CECAV.

Desta forma, no Brasil, muitas cavernas importantes sob o aspecto científico já foram destruídas por mineradoras e hidrelétricas, sem que tivesse sido definido seu melhor uso. Paradoxalmente, em muitos casos se preserva intocado aquilo que poderia render matéria-prima para a construção civil, implementos para a agricultura ou verbas provenientes de um turismo bem controlado.

A presente pesquisa se justifica pela inexistência de trabalhos científicos que abordem a questão desta forma no Brasil, e seus resultados poderão ser utilizados para uma melhor organização do turismo no país.

## **2. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS**

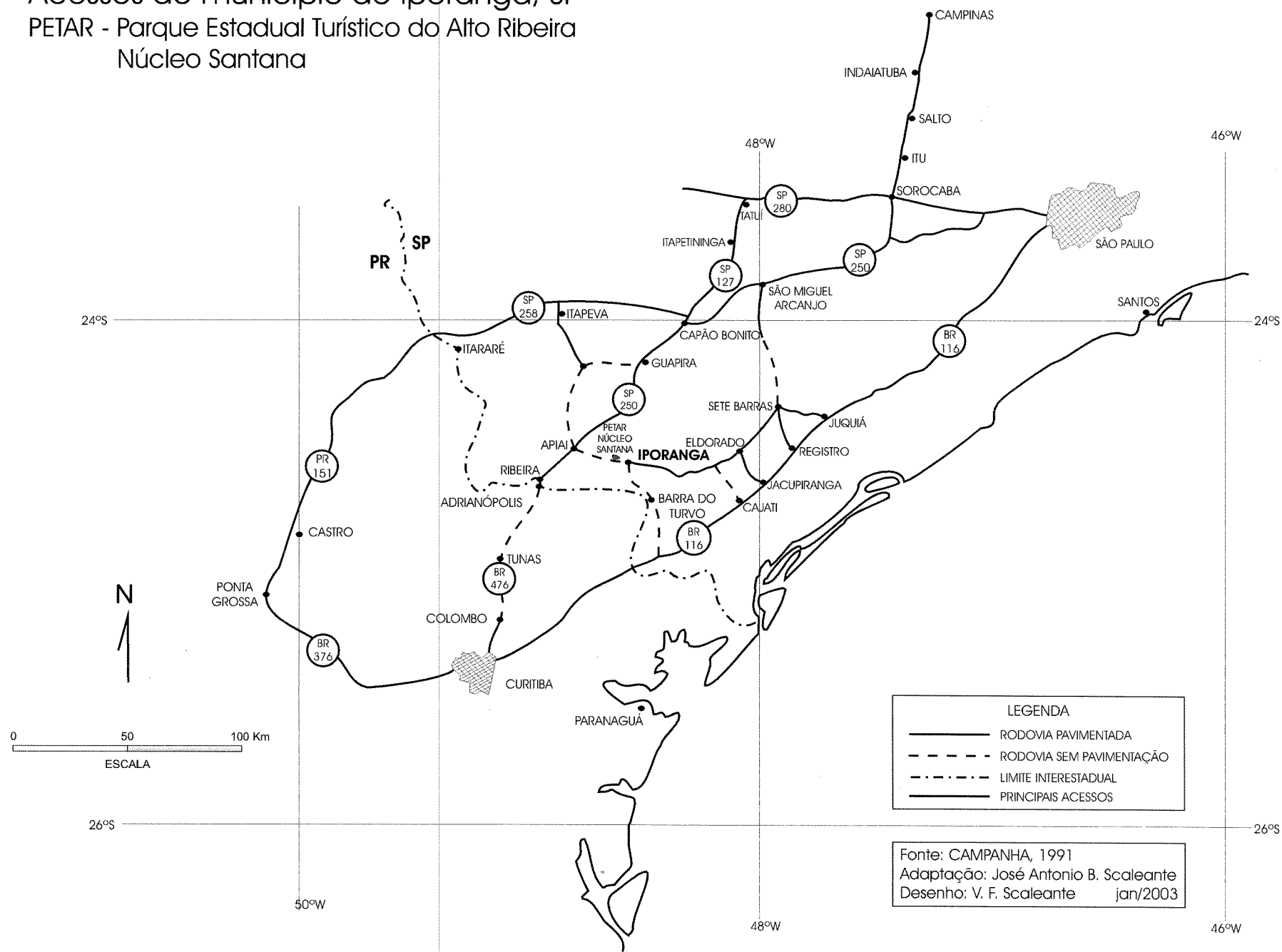
A pesquisa desenvolveu-se no interior de duas cavernas denominadas Caverna de Santana e Gruta do Alambari de Cima, ambas localizadas em Iporanga, SP, um dos municípios do Vale do Ribeira, ao sul do Estado de São Paulo e nordeste do Paraná, área cortada pela rede de drenagem do rio Ribeira de Iguape, que abrange também outros municípios com semelhantes aspectos geo-econômicos e sociais, como clima, vegetação, densidade demográfica etc (ENGEORPS, 1996). As duas cavernas estão dentro do perímetro do PETAR, Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira.

Um dos acessos possíveis a Iporanga é pela rodovia Raposo Tavares (SP-270), percurso asfaltado de 164 quilômetros até Itapetininga; 65 quilômetros pela SP-127 até Capão Bonito; 95 quilômetros pela SP-250 até Apiaí; e finalmente 28 quilômetros de estrada perenizada até Iporanga.

Outra opção de acesso é pela rodovia Régis Bittencourt (BR-116), com 217 quilômetros até Jacupiranga, seguindo-se 105 quilômetros de via asfaltada até Iporanga. Em seguida são apresentados os respectivos mapas de acesso (Mapa 7) e localização (Mapa 8).

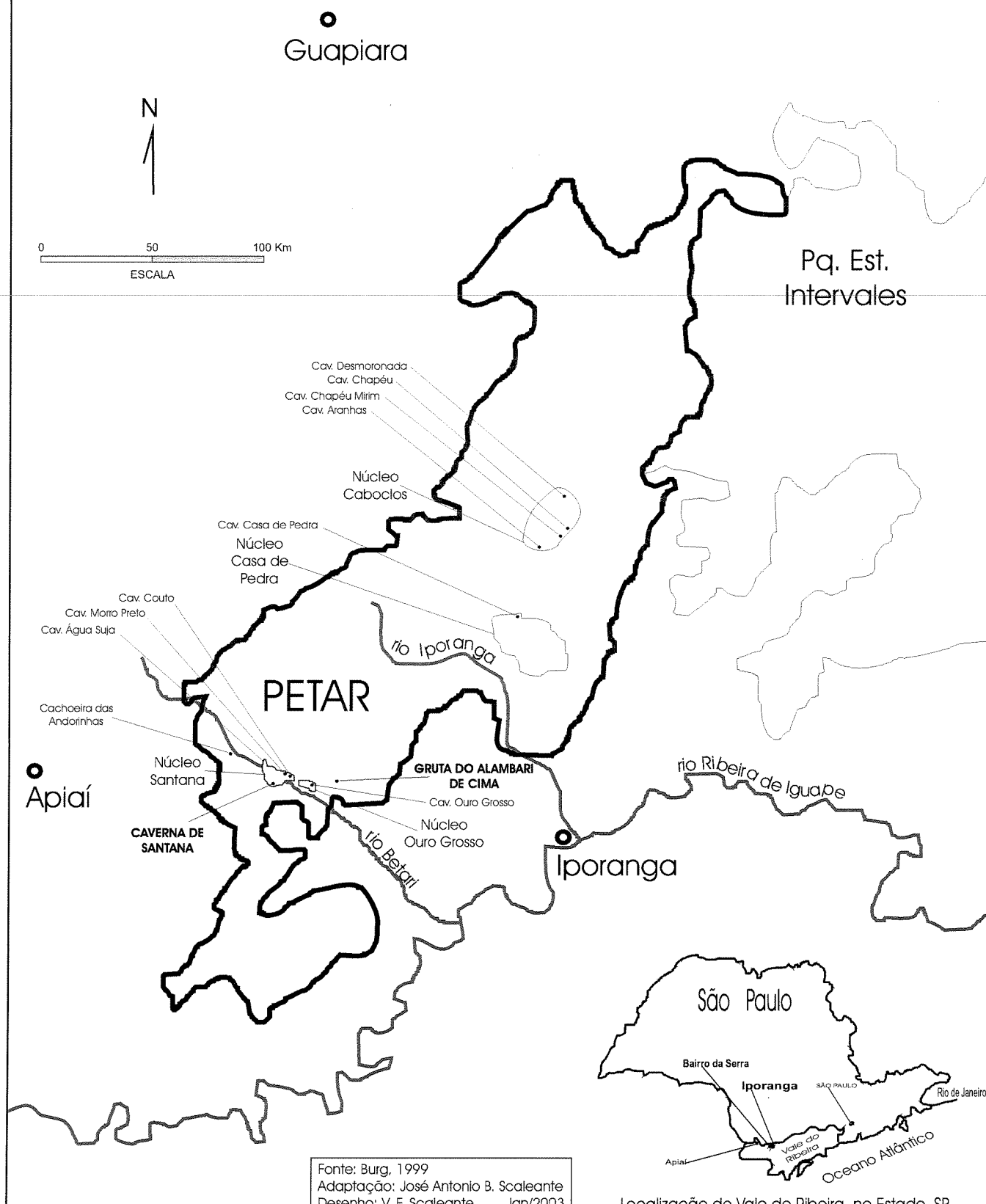
## MAPA 7

Acessos ao município de Iporanga, SP  
PETAR - Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira  
Núcleo Santana



## MAPA 8

# LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: CAVERNA DE SANTANA E GRUTA DO ALAMBARI DE CIMA



Localização do Vale do Ribeira no Estado SP

### **3. ROTEIRO METODOLÓGICO**

Considerando-se o objetivo proposto neste trabalho, de contribuir para a definição da capacidade de suporte de uma caverna com base em três parâmetros, de modo a subsidiar informações para a elaboração de seu Plano de Manejo, desenvolveram-se procedimentos metodológicos seqüenciados em três fases distintas:

Primeira fase - levantamento e análise de material bibliográfico/cartográfico, pertinente ao desenvolvimento da pesquisa.

Segunda fase - atividades de campo destinadas a observações e geração de dados necessários à complementação do acervo. Estes trabalhos, realizados durante 18 meses, constaram de experiências para aprimoramento da qualidade dos equipamentos e da coleta de dados, em locais e cavernas diferentes, visando à melhor situação-teste. Em seguida, após a definição dos locais e das cavernas mais adequadas à pesquisa, iniciaram-se os trabalhos de laboratório para construção dos aparelhos ELCAS (contador de pessoas e registrador de eventos), com subseqüentes testes para seu aprimoramento, e finalmente passou-se à coleta de dados através dos aparelhos TESTO (termohigrógrafos) e ELCAS. Cabe observar que as dificuldades foram inúmeras, pois o ambiente cavernícola exige adaptações muito específicas nos equipamentos em virtude da altíssima umidade do ar. Foram realizados incontáveis testes para detectar o motivo do não funcionamento adequado e previsto dos equipamentos.

Terceira fase – elaboração de tabelas e gráficos utilizando COREL DRAW e EXCEL, finalizando com análise e integração dos resultados.

### **4. TURISMO EM CAVERNAS**

As cavernas inicialmente foram utilizadas pelo homem como moradia, abrigo e espaço para expressão de sua arte. Em meados do século XVIII, serviam para obtenção de salitre, matéria-prima para fabricação de pólvora (GOMES, 1992), enquanto também alguns naturalistas, como Peter Lund, em 1831, para elas se dirigiam com finalidade de estudá-las (AULER, 1997).

A Espeleologia em nível mundial consagrou-se como ciência na segunda metade do século passado, tendo como precursor E. A. Martel (LINO, 1989). No âmbito da biologia subterrânea, contou-se com Jeannel e Rocovitza, enquanto Robert, Jolly e Norbert Casteret dedicaram-se especificamente à sua exploração técnica e esportiva, em decorrência da grande

variedade de desafios e aventuras que as cavernas proporcionam. Cvijic, Penk e Grund, todos integrantes do Grupo de Geomorfólogos de Viena, aprofundaram-se nos estudos sobre o carste, representado por rochas solúveis, em especial as carbonáticas (LINO, 1989).

No Brasil, o sábio dinamarquês Peter Wilhelm Lund iniciou estudos paleontológicos no período de 1835 a 1844, mais precisamente na região de Lagoa Santa, Minas Gerais (CARTELLE, 1994). Na virada do século XIX acontece o primeiro avanço considerável em termos de exploração espeleológica no Brasil, através do alemão Ricardo Krone, radicado em Iguape, São Paulo, que dedicou seus estudos à região do Vale do Ribeira, cadastrando as primeiras 41 cavernas do Estado de São Paulo (LINO, 1989).

Após alguns anos de silêncio e anonimato, em 1935 nasce o primeiro grupo de espeleologia da América Latina, em Ouro Preto, Minas Gerais, por influência dos estudantes franceses da Escola de Engenharia de Minas. Inicia-se uma nova fase de exploração espeleológica, que culmina com a fundação, em 1º de novembro de 1969, da Sociedade Brasileira de Espeleologia (LE BRET, 1995).

Hoje, a sociedade concentra seus esforços para o desenvolvimento da espeleologia na área científica (geografia, geologia, hidrologia, biologia, arqueologia, paleontologia, antropologia etc.); esportiva (*rapel*, escalada, caminhadas com alto grau de dificuldade, trechos complicados de natação, mergulho etc.) e turística, geralmente associada ao ecoturismo (FIGUEIREDO, 1998).

Dentro do enfoque do turismo, atualmente esta atividade exerce um papel decisivo em vários países do mundo, sendo, não raras vezes, o carro-chefe do desenvolvimento econômico, social e cultural de muitas regiões.

O Brasil, por sua vez, vem tentando dar atenção ao desenvolvimento turístico de diversas regiões através de programas realizados pela EMBRATUR, como o Programa Nacional de Municipalização do Turismo - PNMT, as Diretrizes para uma Política Nacional de Ecoturismo da EMBRATUR e IBAMA e as Diretrizes para uma Política Estadual de Ecoturismo da Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Com o grande potencial que a nação possui em termos de riquezas naturais e culturais, a possibilidade de estar entre os principais receptores de turistas do mundo é evidente (BISSOLI, 1996).

As cavernas brasileiras representam um dos atrativos turísticos que muito tem se destacado nos últimos anos, devido a fatores como a relevância do aspecto ecológico dentro da



sociedade ocidental e a divulgação do tema pela mídia (FIGUEIREDO, 1998). O interesse nacional pelo tema provocou o aumento de associados à SBE, culminando com a realização do último Congresso Internacional de Espeleologia, em Brasília, entre 15 a 22 de julho de 2001. O evento trouxe ao país espeleocientistas de 43 países do mundo, provavelmente muitos deles descobrindo uma região tropical única para desenvolvimento de seus estudos, ao mesmo tempo que estimulará o próprio potencial humano brasileiro. As excursões pré e pós-congresso mostraram aos visitantes os encantos desta terra, funcionando como meio de divulgação de suas potencialidades no setor turístico.

Ao considerar o turismo como um segmento de mercado preponderante para o desenvolvimento econômico de várias regiões brasileiras, a Sociedade Brasileira de Espeleologia elaborou uma minuta para o projeto de lei que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas, em conformidade com os Artigos 20, inciso X, e 216, inciso V, da Constituição Federal. O projeto de lei nº 5.071 (Anexo 2) atualmente se encontra em fase final para aprovação.

Conforme o Artigo 6º, inciso 1º da lei, fica condicionada a permissão de utilização das cavidades naturais após a elaboração de um Plano de Manejo:

*"Art. 6 - As atividades em cavidades naturais subterrâneas não serão permitidas sem a devida permissão, autorização ou licença da autoridade competente, na forma disposta na regulamentação desta lei.*

*Parágrafo 1º - A autorização, permissão ou licença para atividades de turismo e de lazer intensivos ou realizados em caráter permanente em cavidades naturais subterrâneas será condicionada à apresentação de Plano de Manejo, do qual conste programa de educação ambiental."*

Desta forma, em termos de legislação, o que ainda precisa ser definido em prol da espeleologia brasileira diz respeito a uma abordagem mais específica, de caráter interdisciplinar, para determinar a melhor forma de uso para uma gruta, que tanto pode ser turística, para exploração de bens minerais ou resguardada para estudos científicos.

O presente estudo deu enfoque às grutas calcárias porque, dentre os tipos de cavernas existentes, aquelas formadas em calcário são as de maiores proporções e as mais ornamentadas, por isso mesmo problemáticas, pois são as mais frágeis, com delicadas formações de espeleotemas em seu interior, e geralmente as mais procuradas pelos turistas (HUPPERT et alii, 1993).

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRA  
SEÇÃO CIRCULANTE

#### **4.1 PETAR - Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira**

As duas cavernas onde se desenvolveu esta pesquisa, de Santana e do Alambari de Cima, localizadas no Vale do Ribeira, sul do Estado de São Paulo, encontram-se dentro do perímetro de um parque estadual, o PETAR.

O PETAR, com 35.102,83 hectares, estando 24% dessa área no município de Apiaí e os restantes 76%, em Iporanga (BURG, 1998), Estado de São Paulo, foi criado oficialmente através do Decreto n.º 32.283, de 19/05/58, como Parque Estadual do Alto Ribeira, e ratificado pela Lei n.º 5.973, de 28/11/60, como PETAR, é uma Unidade de Conservação administrada pelo Instituto Florestal-IF, subordinado à Coordenadoria de Informações Técnicas, Documentação e Pesquisa Ambiental, CINP, da Secretaria do Meio Ambiente, SMA. Esta Unidade localiza-se na região do alto curso do rio Ribeira de Iguape (SP/SMA/DRPE/IF, 1994).

O PETAR é um destino muito freqüentemente procurado por turistas, tendo sido objeto de regulamentação específica, a Portaria de 19/05/92, do IF, que classifica as áreas de visitação em Intensiva, Extensiva e Restrita. Representantes do IF, do IG e da SBE, em comum acordo, decidiram pelo estabelecimento da mesma classificação para turismo em cavernas. Até quando se trata de uma única gruta, calcária, ela pode ser muito complexa, a ponto de permitir vários usos, como a Caverna de Santana, que é a caverna mais procurada pelos turistas por ser de melhor acesso e a mais ornamentada da região.

Cavernas nessa litologia também são fortemente ameaçadas pela exploração mineral, visto que o calcário é de suma importância para a linha de desenvolvimento que segue a nossa sociedade. Aquíferos cristalinos ainda não foram suficientemente estudados no Brasil e o carste, importante aquífero, com todas as suas especificidades, encontra-se ainda mais relegado sob o aspecto de pesquisas científicas. Aproximadamente 20% da superfície do planeta são recobertos por rochas solúveis e há um significativo número de parques e de reservas naturais em áreas cársticas (HUPPERT *et alii*, 1993). Por estes motivos, o estudo neste tipo de rocha servirá não exatamente como modelo, mas ponto de partida para análise de cavernas em outras litologias que não tenham tais complicadores.

#### **4.2 Impactos do turismo em cavernas**

A simples presença humana em ambientes cavernícolas, desde que em quantidade superior àquela que o sistema é capaz de absorver, provoca impactos irreversíveis sobre a biota, o

maciço rochoso e as formações internas. O impacto ambiental pode ser definido como uma somatória de efeitos e consequências sobre o ambiente, em decorrência das atividades humanas.

Podem ser realizados paralelismos entre a mudança dos territórios conquistados pelo homem, ou seja, a transformação do ambiente selvagem em ambiente antropofizado, que se relaciona com a interface da história da civilização e do meio ambiente.

Segundo Forti (1999), o ambiente cárstico é um dos mais vulneráveis e a transformação de uma caverna natural em uma caverna turística deve ser projetada, implementada e manejada com grande atenção para os problemas de proteção ambiental, o que justifica a contribuição da Geologia de Engenharia nessas interferências.

Impactos externos ou de superfície são aqueles que resultam das alterações no entorno da caverna para instalação de toda infraestrutura necessária à atividade, como o desmatamento, a pavimentação do solo, a construção de estacionamentos, banheiros, hotéis, centros de informações, demarcação das trilhas etc.

A impermeabilização do solo na superfície, com cobertura de cimento ou asfalto, produz nas cavernas e em todo o carste impactos já identificados por pesquisadores renomados nessa área de estudo, como Williams, Forti, Cigna, Menichetti, Tosti, Pierini etc. Os possíveis impactos são mudanças na hidrologia, como desvio do curso d'água provocado pela construção de passarelas; mudanças na atmosfera das cavernas; interferência na permeabilidade natural do carste, provocando alterações no crescimento dos espeleotemas (redução ou até eliminação); crescimento de plantas verdes, ocasionado pela iluminação contínua (algas, musgos e samambaias); aumento prolongado na concentração de CO<sub>2</sub>, que pode afetar o equilíbrio químico dos espeleotemas etc.

#### **4.3 Capacidade de carga e níveis de energia da caverna**

Sobre as condições de um ambiente cárstico suportar ou não um determinado número de turistas, Cigna (1989); Cigna e Forti (1989) mencionam: *“A capacidade de carga de visitantes pode ser definida como o número máximo aceitável de visitantes em uma unidade de tempo sob condições definidas, as quais não podem implicar em uma modificação permanente de um relevante parâmetro ambiental da caverna”*.

Os autores salientam que esta definição é baseada nas seguintes suposições:

- variações naturais dos parâmetros ambientais não prejudicam a integridade do ambiente;

- se o número de visitantes em uma caverna por unidade de tempo é gradativamente aumentado, isso fará o parâmetro ambiental exceder seu limite de variação natural, passando para um estado impactante;
- a capacidade de carga de visitante corresponde ao fluxo máximo de turistas na caverna que eleva os parâmetros para o limite de sua variação natural;
- a seleção de parâmetros ambientais maiores ou menores é arbitrária. Se classificarmos a temperatura do ar, a concentração de dióxido de carbono e a qualidade da água como parâmetros maiores, a classificação e ou seleção de outros parâmetros requer estudos detalhados. A importância dos parâmetros varia amplamente de uma caverna para outra.

As pesquisas de Kermode (CIGNA e FORTI, 1989) em Nova Zelândia apontaram um decréscimo superficial em espeleotemas como resultado da visita de cerca de 500 visitantes por dia.

Para subsidiar os estudos sobre capacidade de carga de visitantes, pode-se lançar mão da revisão do conceito de NÍVEIS DE ENERGIA feita por Heaton (1986), que classificou as cavernas dentro de três categorias:

**NÍVEL DE ENERGIA ALTO** – aquelas cavernas que normalmente abrigam eventos de alta energia. Ex.: cavernas que sofrem inundações periódicas. De acordo com esta classificação, galerias ou salões em cavernas de energia alta pouco são afetados pelas atividades turísticas. Isto porque há uma reorganização do espaço interior da caverna por fenômenos naturais, como queda de rochas ou inundações (Foto 4.1).

**FOTO 4.1** – Alta energia: galeria do rio Caverna de Santana



---

**NÍVEL DE ENERGIA MODERADO** – cavernas que abrigam eventos mais fracos. Ex.: as mais significativas forças devem ser águas de chuva, vento constante ou mesmo perturbações de animais. Em cavernas ou trechos de energia moderada, que geralmente possuem muita ornamentação, a presença de visitantes é muito mais prejudicial. A energia liberada pelos turistas em um curto período de tempo pode ser da mesma magnitude que a liberada por processos naturais, que demoram mais tempo para ocorrer. Isto pode levar a um dano irreversível (Foto 4.2).

**FOTO 4.2** – Nível moderado de energia: Caverna Morro Preto



**NÍVEL DE ENERGIA BAIXO** – as cavernas que abrigam eventos de magnitude menor ainda. Ex.: o evento de mais alta energia pode ser uma queda d'água. Uma visita a uma caverna de energia baixa tem implicações mais sérias. Isto porque em um intervalo de tempo muito curto mais energia pode ser liberada pelos turistas do que aquela que a caverna já recebeu em centenas de anos. O dano causado por um grupo turistas é muito grande e os espeleotemas são rapidamente destruídos (Foto 4.3)

**FOTO 4.3** – Baixa energia: Salão Taqueupa: Caverna de Santana



As cavernas turísticas mais comuns são as de energia baixa e energia moderada e isto se deve à dificuldade e ao alto custo para desenvolvimento e manutenção de cavernas turísticas que sejam de energia alta (HEATON *op cit* ).

---

Em campo a situação é muito mais complexa que os exemplos acima, pois uma mesma caverna pode ter os três níveis de energia quando observada em diferentes trechos como exemplo a Caverna de Santana.

#### **4.4 Plano de Manejo Espeleológico**

Após os estudos preliminares para se definir pelo aproveitamento turístico de uma caverna, deve ser elaborado um Plano de Manejo Espeleológico, conforme especificado no item “4.5 Legislação brasileira de proteção a cavernas”, plano este que vise a minimizar os impactos promovidos pela ocupação humana no seu entorno e pela visitação intensiva. Enquanto a lei que rege este assunto (Anexo 2) se encontra em trâmites para sua aprovação, provisoriamente é feito o Termo de Ajuste e Conduta – TAC.

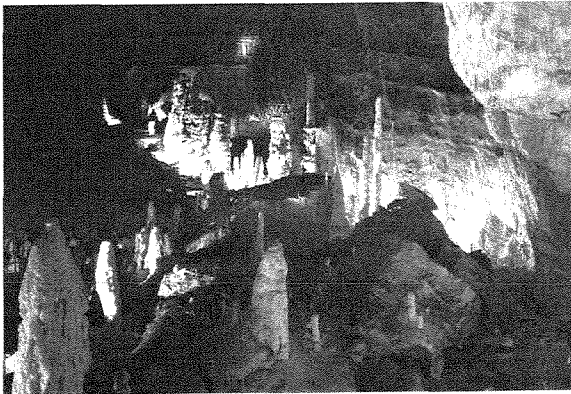
Cavernas que não tiveram uma definição sobre seu melhor uso no Brasil já se desfiguraram ou foram mesmo destruídas no Vale do Ribeira (SP), no Piauí, Goiás, na Amazônia (AM), Minas Gerais, entre outros lugares.

O processo de planejar e implementar os Planos de Manejo Espeleológico é complexo, dispendioso e requer dos profissionais envolvidos observações anteriores para definição do quadro em seu estado natural e após o início da implantação de visitação mais intensiva. A observação e o controle também devem ocorrer *a posteriori* e por tempo indeterminado.

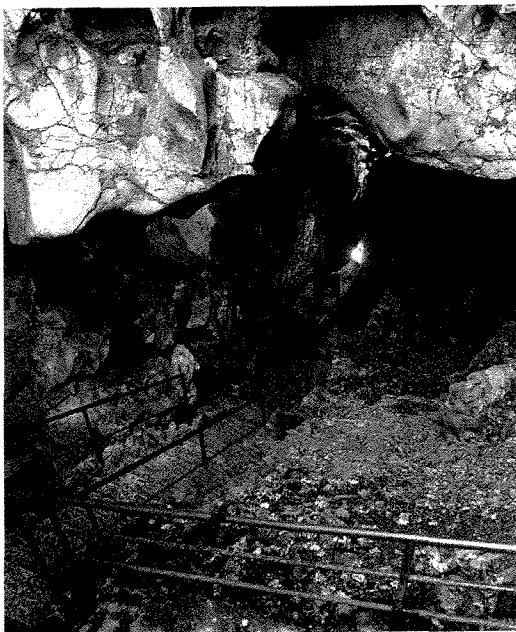
Retomando a abordagem do item anterior sobre a capacidade de carga de uma caverna relacionada com seus três níveis de energia (HEATON, 1986) para relacioná-la com seu Plano de Manejo, deve-se imaginar que, ao visitar uma gruta, o turista deseja encontrar os três níveis de energia propostos pelo autor. Este fato se confirma observando as centenas de cavernas disponibilizadas para o turismo no mundo que, em sua maioria, têm o percurso turístico inserido onde há os três níveis de energia (CIGNA, 1999). Cita-se como exemplo as Grutas Frasassi e Gigante, na Itália (Fotos 4.4 e 4.5); Postojna e Skocjanske, na Eslovênia (Fotos 4.6 e 4.7); Mammoth Cave, nos Estados Unidos (Fotos 4.8); Niaux, na França (Foto 4.9); entre outras. O percurso turístico definido na Caverna de Santana, objeto de estudo deste trabalho, se enquadra no conceito dos níveis de energia de Heaton (1986), detalhado no item 4.3.



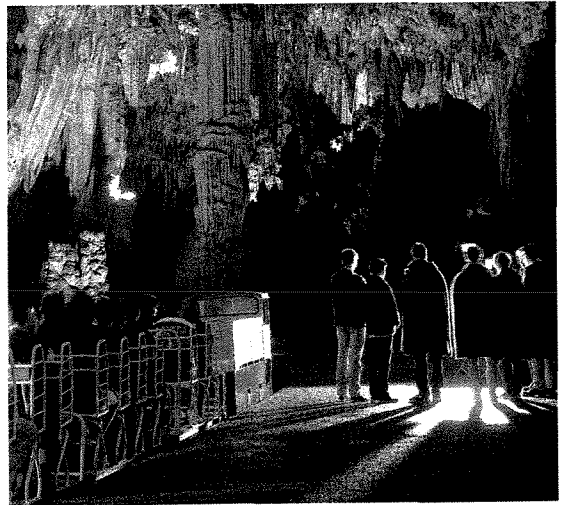
**FOTO 4.4 – Gruta Frasassi: Itália**



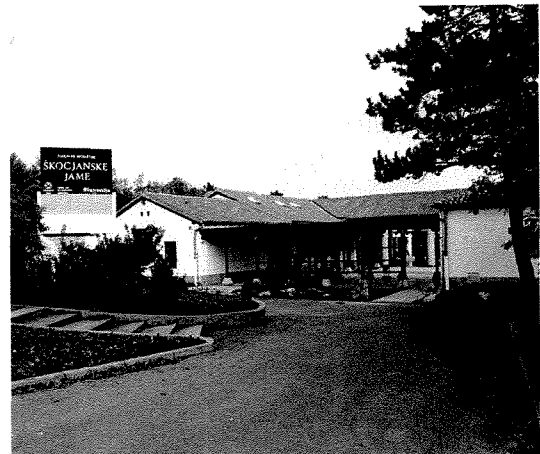
**FOTO 4.5 Gruta Gigante: Itália**



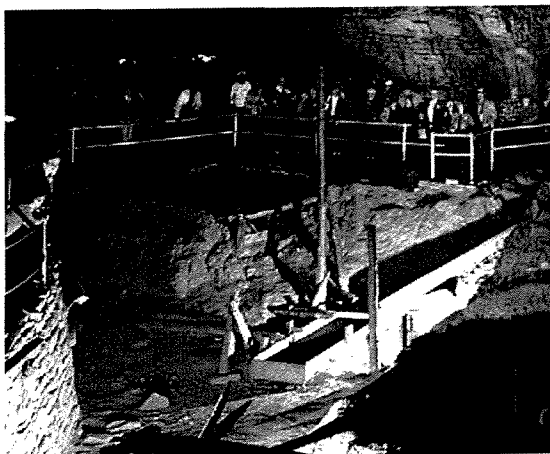
**FOTO 4.6 Gruta Postojna: Eslovênia**



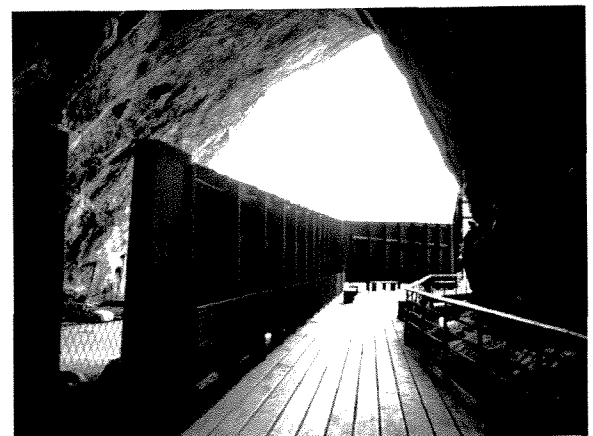
**FOTO 4.7 Gruta Skocjanske: Eslovênia**



**FOTO 4.8-Mammoth Cave: Estados Unidos**



**FOTO 4.9 Gruta Niaux: França**





#### 4.4.1 Fatores de degradação

Podemos considerar inúmeros os fatores que provocam deterioração em uma caverna com a presença humana. Diante desse fato já estudado e conhecido por vários pesquisadores, ao pensar no uso de uma caverna para fins turísticos, é necessária uma reflexão profunda e o mais abrangente possível sobre seu real potencial turístico, fragilidade estrutural, potencial faunífero e, posteriormente a essa análise, será verificado seu potencial econômico e social, relacionado com o local em que se insere. Há de se lembrar que sobre essa primeira análise serão elaboradas as definições futuras, daí a sua grande importância. Nada obsta, porém, que outros parâmetros sejam inseridos conforme a abrangência do uso e as observações periódicas indispensáveis que se deve fazer.

Alguns fatores de degradação de uma gruta são evidentes e passíveis de soluções através de educação para com o uso adequado. Como exemplo, cita-se o lixo de várias naturezas como pilhas, garrafas, sacos plásticos etc.

Outros fatores de degradação podem aparecer visualmente com o tempo, como deposição da fuligem de carbureto nos espeleotemas, partículas em suspensão, contato físico provocado pelo caminhar em locais impróprios, roubo de concreções, de objetos arqueológicos e paleontológicos, pichações realizadas com chamas de carbureto, tintas, raspagem nas rochas etc. (FORTI e CIGNA, 1983)

Alguns desses fatores produzem ou podem produzir danos irreversíveis. Em uma proposta de uso turístico de uma caverna deve ser incluído o aumento do controle interno e de sua área de entorno, visando à eliminação total das causas de degradação devido à falta de informações ou aos atos de vandalismo, tornando-se o turismo um potente *“veículo de tutela e de proteção”*. (FORTI e CIGNA, 1983; CIGNA, 1987).

Através de depoimento verbal de pessoa fortemente ligada a uma das cavernas deste estudo, pode-se conhecer um caso concreto de deterioração de espeleotemas por fuligem de iluminação a carbureto. Ester de Andrade Camargo, filha de Brás de Andrade Camargo Resende e de Inês de Lima Resende, relata que em 1953 foi morar com sua família em frente à entrada da Caverna de Santana, local cedido pela Empresa de Mineração Furnas, então detentora da posse das terras na região. A Sra. Ester diz lembrar-se de que àquela época a caverna possuía suas concreções totalmente brancas, com espeleotemas claros e limpos. A veracidade desta informação é simples de constatar ao se observar as (Foto 4.10, de 1987 e Foto 4.11, de 2002).

**FOTO 4.10 - Espeleotema limpo no Salão do Cristo (1987)**

Caverna Santana



**FOTO 4.11 Espeleotema sujo no Salão do Cristo (2001)**

Caverna Santana



#### **4.4.1.1 Distúrbios Térmicos**

A freqüente visitação turística em uma caverna e ou a conseqüente permanência por um tempo variável somado ao número elevado de pessoas tende a apresentar riscos de poluição térmica, química e biológica na caverna.

Normalmente o risco de poluição térmica devido à influência turística é somado com o produto da iluminação.

O cálculo do calor dissipado por uma pessoa que visita a caverna é suficientemente complicado porque são diferentes os fatores a serem considerados (CIGNA e FORTI, 1989).

Foram efetuadas medidas no salão das pinturas da caverna Altamira, na Espanha, demonstrando que naquelas condições experimentais o calor dissipado por um corpo humano está entre as medidas 82W a 116W (VILLAR et alii, 1984).

Para avaliar as variações ambientais criadas pelo aumento da temperatura e, possivelmente, a diminuição da umidade, é necessário efetuar um monitoramento desses parâmetros simultaneamente com a quantidade de pessoas que transitam ou permanecem no local determinado para a pesquisa.

É necessário iniciar a monitoração com algum tempo de antecedência e finalizá-lo após a passagem do grupo e o retorno às condições físicas iniciais. Os valores obtidos serão em função dos respectivos volumes e níveis de energia do local.

As cavernas de Castellana, na Espanha, são um típico exemplo de desequilíbrio térmico devido à freqüente visitação humana, pois nem mesmo a pausa noturna permite restabelecer as condições iniciais do ambiente. Este fato permitiu o aquecimento da Caverna do Arco, com vinte e dois anos de visitação, onde se registrou um aumento da temperatura de aproximadamente 3°C (FORTI e CIGNA, 1983; CIGNA 1989).

A maior geração de energia no interior de cavernas turísticas é originária da iluminação elétrica, quando elas existem, e depois, do fluxo de visitantes, como evidenciou Menichetti (1995). O autor examinou a caverna Frasassi, na Itália, e concluiu que ela apresenta um aumento do fluxo térmico de 86% devido aos fatores neste item já mencionados.

#### 4.4.1.2 Acúmulo de CO<sub>2</sub>

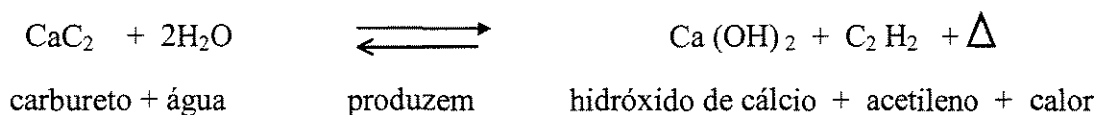
Após seus estudos na gruta Pozzi della Piana, na Itália, Palomba (1995) concluiu que: vários são os fatores que atualmente contribuem para o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> no interior da caverna e podemos destacar alguns deles, como:

- 1) a produção de organismos oxidantes a partir do material orgânico presente no substrato;
- 2) a respiração da fauna presente, em particular espécies homeotermes (quirópteros) que se aglomeram em algumas zonas quando formam colônias de verão ou de inverno;
- 3) a combustão do acetileno produzido pelas carbureteiras dos espeleólogos;
- 4) a respiração dos visitantes.

Enquanto os primeiros dois fatores são fisiológicos da caverna, portanto, parte integrante do ecossistema, os outros são originários da visita humana.

#### 4.4.1.3 Iluminação de acetileno

A reação química que ocorre na queima do carbureto de cálcio, produto industrial cuja fórmula química é CaC<sub>2</sub>, é a seguinte:



Segundo Palomba (1995), a reação provocada pela queima que ocorre no bico da carbureteira produz fuligem, que fica em suspensão e posteriormente se deposita nos espeleotemas. Poderá haver uma ressedimentação nos espeleotemas, impossibilitando definitivamente sua retirada.

Outros danos podem ser produzidos pelo calor das reações e também pelo comportamento do hidróxido de cálcio, que leva a uma variação do “ph” da zona de determinados locais. (PALOMBA *op cit*).

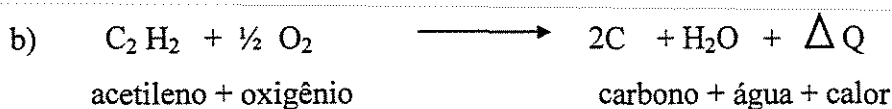
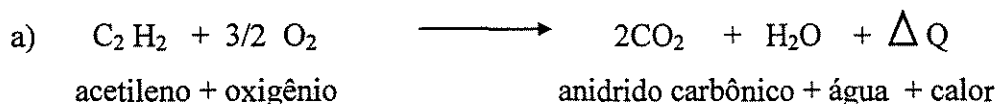
Lembra ainda o autor que, durante a visita não monitorada, há ocorrências de materiais deixados pelos visitantes, classificados como inorgânicos e orgânicos.

Os materiais inorgânicos são geralmente materiais ferrosos que são abandonados e que apresentam um alto poder poluente.

Os biodegradáveis orgânicos são restos de alimento que podem ser um meio de transporte de agentes patogênicos ou criam anomalias que produzem desequilíbrios nas populações ali existentes.

Outros materiais biodegradáveis são tocos de cigarros, altamente tóxicos devido às substâncias solúveis contidas nos mesmos (nicotina e alcatrão).

Ocorrem duas reações durante o fenômeno químico de combustão do acetileno, expressas nas seguintes fórmulas:



Considerando a combustão do gás perfeita, expressa somente pela reação "a)", a aplicação de  $PV = nRT$  a uma pressão atmosférica a uma temperatura de  $10^\circ\text{C}$  e que o volume final do gás produzido esteja em equilíbrio com a temperatura da caverna, a quantidade de gás  $\text{CO}_2$  é proporcional ao tamanho do orifício no bico de porcelana pelo qual passa a chama de acetileno.

$$c(\text{CO}_2) = \frac{42 \cdot T \cdot 10^3 \cdot T_t \cdot T \cdot N}{V}$$

Existe no mercado, um tipo de bico de 21 litros/hora, portanto, pode-se calcular a quantidade máxima de  $\text{CO}_2$  produzida pelos visitantes que utilizam iluminação de carbureteira aplicando a seguinte fórmula:

$$c(\text{CO}_2) = \frac{42 \cdot T \cdot 10^3 \cdot T_t \cdot T \cdot N}{V}$$

Onde:

$c(\text{CO}_2)$  = concentração de dióxido de carbono expresso em ppm

$t$  = tempo de permanência em hora

$N$  = número de visitantes

$V$  = volume de cada sala (em  $\text{m}^3$ )

Os valores expressos nos cálculos efetuados são apenas exemplificativos, pois, em se tratando de valores experimentais, não foram considerados todos os parâmetros necessários (temperatura, umidade, conexão com outros salões da caverna, alterando a circulação de ar, reação “b)” etc.) que ocorrem sempre em condições reais e não ideais.

Na caverna Altamira (Espanha), em uma primeira análise, ocorreu uma situação parecida com a mencionada nos estudos da gruta Pozzi della Piana. Depois de uma permanência de 20 minutos a 1 hora com um grupo de 6 pessoas, a concentração de dióxido de carbono somente retornou aos valores iniciais ou estáveis após 12 horas (VILLAR et alii, 1984).

Conforme Palomba (1995), já foram realizados estudos para avaliar a variação térmica devido à presença de luzes de acetileno, lâmpadas incandescentes, descarga de gases e enriquecimento de CO<sub>2</sub> devido à presença de espeleólogos.

Ao elaborar um Plano de Manejo Espeleológico, deve-se reportar a tais estudos, pois a preocupação com a iluminação a ser implantada no percurso turístico deve ser avaliada com atenção, pois a luz é um fator de forte perturbação no ambiente hipógeo, onde a presença de iluminação artificial provoca, inevitavelmente, alterações nas condições físicas e químicas da caverna. O calor produzido aumenta a temperatura e, conseqüentemente, provoca a diminuição da umidade relativa do ar, o que age negativamente nas populações de troglóbios, que somente se desenvolvem quando os níveis de umidade relativa estão próximos de 100%.

A luz permite o desenvolvimento de organismos fotossintéticos (algas e musgos). Os esporos e os germes de tais vegetais podem estar presentes na caverna quando transportados através das correntes de ar. O que impede o crescimento dos mesmos é justamente a falta de condições fóticas.

Dado que o crescimento dos organismos fotossintéticos é devido à luz artificial, pode-se escolher fontes de luz que impeçam estas ações ou possam retardá-las (IMPRESCIA, 1983).

Examinando a composição espectral da luz emitida dos vários tipos de lâmpadas, é possível efetuar uma escolha racional de fontes de luz a serem utilizadas para fins turísticos na caverna, quando a opção de uso for esta.

#### 4.5 Legislação brasileira de proteção a cavernas

Com base no levantamento efetuado pelo GEO BRASIL (2002), será apresentado a seguir um breve histórico da legislação brasileira concerning a cavernas. Esta legislação oferece não apenas uma definição de caverna (Decreto nº 99.556, Artigo 1º, Parágrafo único, conforme Anexo 3), como toda uma abordagem a respeito de sua proteção. Cavernas são, portanto, avaliadas como ambientes únicos que devem ser consideradas pelo seu espaço interior e pelo seu entorno. O espaço interno e a vida aí existente dependem em grande escala do que se passa fora. Dessa percepção decorrem o Código de Ética da SBE (Anexo 1) e as leis brasileiras específicas de proteção às cavidades subterrâneas naturais: projeto de lei nº 5.071 (em análise pelo Congresso Nacional, Anexo 2); Decreto nº 99.556 (Anexo 3); Portaria IBAMA nº 887 (Anexo 4).

Enquanto inexistia uma legislação que dissesse respeito diretamente às cavernas, que teve seu início embrionário em 1961, com a Lei nº 3.924 (proteção de monumentos arqueológicos e pré-históricos), as cavidades naturais se beneficiavam indiretamente através da criação de unidades de conservação como parques e APA's onde elas se situavam.

As primeiras regulamentações específicas a respeito de cavernas surgiram em 1986 (Resolução do CONAMA nº 9, criando uma Comissão Especial referente à preservação do Patrimônio Espeleológico) e 1987 (Resolução CONAMA nº 005, que aprova o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico).

Representando a sociedade civil organizada, a SBE contribuiu na elaboração da Constituição Federal de 1988 em defesa dos interesses espeleológicos, de modo que nela fez constar o reconhecimento das cavernas como Bens da União em seu Artigo 20, Inciso X e Artigo 216, Inciso V.

Em 1989 é criado o IBAMA e no ano seguinte, em 01/10/90, o Decreto nº 99.556 ratifica e fornece maior abrangência à portaria IBAMA nº 887. De acordo com este Decreto, ficou estabelecido que cavernas são patrimônio nacional a se conservar, além de serem determinadas as condições de seu apropriado manejo. No artigo 3º consta a obrigatoriedade de EIA sujeito a aprovação de órgão competente nos casos de empreendimentos em áreas de ocorrência de cavernas ou de potencial espeleológico. No artigo 4º consta o seguinte: *“compete ao Poder Público, por intermédio do IBAMA, preservar, conservar, fiscalizar e controlar o uso do patrimônio espeleológico brasileiro, bem como o fomentar levantamentos, estudos e pesquisas*

*que possibilitem ampliar o conhecimento sobre as cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional”.*

Através da Portaria 057, de 05/06/97, é criado um órgão dentro do IBAMA, o CECAV, responsável por normatizar, fiscalizar e controlar o patrimônio espeleológico nacional, fomentar pesquisas na área, elaborar diagnósticos, levantar usos e respectivos riscos e ordenamento da utilização turística. O CECAV dispõe que a atividade turística em cavernas exige um Plano de Manejo Espeleológico, mais específico que o EIA, segundo o qual serão definidos critérios, métodos e procedimentos ideais para uma intervenção mínima no ambiente cavernícola.

A Lei do SNUC, aprovada em 2000, vem reconhecer a proteção às cavernas e aos sítios espeleológicos como um dos objetivos básicos da criação e implantação de Áreas Protegidas no Brasil.

O uso turístico de cavernas da Chapada Diamantina é regulamentado pela Portaria IBAMA nº 15, de 23/02/2001, enquanto a Portaria IBAMA nº 89, de 13/08/2001 cria o CNIC e regulamenta as atividades de mergulho em cavernas.

Finalmente, a lei que dispõe sobre quaisquer assuntos relacionados com a espeleologia no Brasil, que é o projeto de lei nº 5.071, encontra-se em trâmites finais no Congresso Nacional.

A seguir, em sequência cronológica, são citadas as leis a respeito de cavernas no Brasil:

- Lei nº 3.924 de 26/07/61 – dispõe sobre monumentos arqueológicos e pré-históricos.
- Lei nº 4.771 de 15/07/65 – Código Florestal – dispõe sobre a proteção da vegetação num raio mínimo de 50m de largura em torno de nascentes e olhos d’água.
- Lei nº 5.513 de 20/07/77 – dispõe sobre a criação de Áreas Especiais e de Locais de Interesse Turístico.
- Lei nº 6.766 de 19/12/79 – dispõe sobre o parcelamento do solo urbano.
- Lei nº 6.902 de 04/81- dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental, entre outras providências.
- Lei nº 6.938 de 31/08/81 – dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação, aplicação, entre outras providências.
- Lei nº 7.374 de 24/07/85 – disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético,



histórico, turístico e paisagístico, possibilitando a qualquer cidadão acionar judicialmente destruidores ou degradadores do patrimônio espeleológico e ainda propor ação cautelar visando evitar dano às cavernas.

- Resolução CONAMA 009 de 24/01/86 – criação de uma Comissão Especial para tratar de assuntos relativos à preservação do patrimônio espeleológico.
- Resolução CONAMA 005 de 06/08/87 – preservação do Patrimônio Espeleológico Nacional.
- Resolução CONAMA 010 de 14/12/88 – definição e regulamentação das Áreas de Proteção Ambiental-APA, cujo Parágrafo Único do Art. 6 diz: *“As atividades acima referidas (terraplanagem, mineração, dragagem e escavação), num raio mínimo de 1.000 metros no entorno de cavernas, corredeiras, cachoeiras, monumentos naturais, testemunhos geológicos e outras situações semelhantes, dependerão de prévia aprovação de estudos de impacto ambiental e de licenciamento especial pela entidade administradora da APA”*.
- Constituição Federal de 1988, Art. 20 e 216 – considera as cavidades naturais subterrâneas como Bens da União, constituindo-se em patrimônio cultural brasileiro.
- Portaria IBAMA nº 887 de 15/06/90 – delibera a promoção de diagnóstico da situação do patrimônio espeleológico nacional, a constituição de um Sistema Nacional de Informações Espeleológicas conjugado ao SISNAMA, a limitação do uso das cavernas e declara a obrigatoriedade de EIA para atividades potencialmente lesivas a cavernas, entre outras providências.
- Decreto nº 99.556 de 01/10/90 – condiciona a utilização das cavernas e de sua área de influência mediante condições que garantam sua integridade física e equilíbrio ecológico. Reafirma a obrigatoriedade de EIA para ações potencialmente lesivas e condiciona a sua aprovação pelo órgão ambiental competente. Atribui ao IBAMA competências para preservar, conservar, fiscalizar e controlar o uso do patrimônio espeleológico, bem como fomentar levantamentos, estudos e pesquisas que possibilitem ampliar o conhecimento sobre as cavernas brasileiras.
- Resolução CONAMA nº 002 de 18/04/96 – determina a implantação de uma unidade de conservação de domínio público e uso indireto aos empreendimentos de relevante impacto

ambiental para fazer face à reparação de danos ambientais causados pela destruição de florestas e outros ecossistemas.

- Portaria nº 057 de 05/06/97 – criação do CECAV-Centro de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas no âmbito do IBAMA.
- Resolução CONAMA nº 237 de 19/12/97 – regulamenta o licenciamento ambiental.
- Lei nº 9.985 de 18/07/2000 – Lei do SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação - reconhece a proteção a cavernas e sítios espeleológicos como um dos objetivos básicos da criação e implantação de Áreas Protegidas no Brasil.
- Portaria IBAMA nº 089 de 13/08/2001 – regulamenta a prática de mergulho em cavernas.
- Portaria IBAMA nº 15 de 23/02/2001 – regulamenta o uso turístico de cavernas da Chapada Diamantina
- Projeto de Lei nº 5.071, em trâmites finais no Congresso Nacional.

## 5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PESQUISA

### 5.1 Cavernas escolhidas para o estudo / justificativas

As duas cavernas escolhidas para realização da pesquisa, Caverna de Santana e Gruta do Alambari de Cima, constam dos Quadros 5.1 e 5.2 a seguir, da maneira como figuram no Cadastro Nacional de Cavernas - CNC, da Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE:

#### QUADRO 5.1 Caverna de Santana

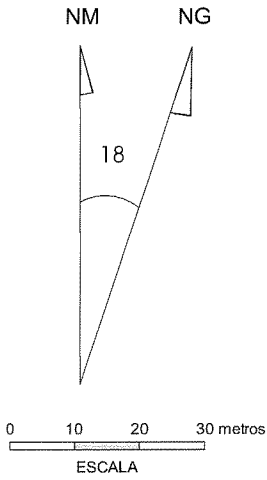
Nº SBE	Nome	Sinonímia
SP- 41	Caverna de Santana	Caverna de Sant'Anna
Município/Localidade	Cadastrante / Descobridor	Data Cadastro / descobrimento
Iporanga / Petar Santana	Instituto de Geociências – USP	7/6/1991
Observação		
C.E.U. 76/88 (descoberta do Salão Taqueupa).		
Latitude	Longitude	Altitude
S24°32'5100"	W48°42'0600"	250

MAPA 5

CAVERNA DE SANTANA - ROTEIRO TURÍSTICO



LEGENDA					
	BASE TOPOGRÁFICA		VULCÕES		FALHA NORMAL
	DECLIVE ABRUPTO		BLOCOS ABATIDOS		FALHA INVERSA
	DECLIVE SUAVE		FLORES DE ARAGONITA		FALHA DIRECIONAL
	ABISMO		CURSO DO RIO		FALHA INDETERMINADA
	PISO DE ARGILA		CAMINHO TURÍSTICO		ZONA DE CISCALHAMENTO
	CASCALHO		CONTORNO DA GALERIA		FURO PARA COLETA DE CALCITA
	ESCORRIMENTO CALCÍTICO		ESCADA		PERCURSO TURÍSTICO
	TRAVERTINOS		ATITUDE DE ACAMAMENTO		PORTÃO DE ENTRADA
	CORTINA DE CALCITA		ATITUDE DE FRATURA		VEGETAÇÃO EXTERNA
	ESTALACTITE		ATITUDE DE ACAMAMENTO		PONTOS DE PERFILAMENTO
	ESTALAGMITE		ATITUDE DE FRATURA		PONTOS DE COLETAS (UMIDADE, TEMPERATURA E QTDE PESSOAS)



**Fonte:** Sociedade Brasileira de Espeleologia  
**Crédito:** Lepine, R. 1991 - Relatório de Iniciação Científica, : Mapeamento Geomorfológico da Caverna de Santana, Iporanga, SP.  
Bolsa FAPESP nº 91/2314-1, orientador Dr. Ivo Karmann, IGc-USP  
**Título:** Caverna de Santana **Descoberta:** Ricardo Krone - 1909  
**Cadastro Geral:** nº SP-041 **Município:** Iporanga **Estado:** SP  
**Cadastro:** C.E.U. - 1976 **Topografia:** I. De Geociências - USP - 1991  
**Latitude:** S 24° 32' 51" **Longitude:** W 48° 42' 06" **Altitude:** 250m  
**Adaptação:** José Antonio Basso Scaleante  
**Desenho Reproduzido:** V. F. Scaleante set/2002

**FOTO 5.1** – Caverna de Santana, galeria do rio

Local de visitação turística intensiva



A Caverna de Santana, localizada à latitude S 24° 32'5100" e à longitude W 48° 42' 0600", município de Iporanga (SP), foi descoberta em 1909 por Richard Krone e cadastrada na SBE sob o nº SP-41.

A caverna foi escolhida porque já recebe fluxo turístico há algumas décadas e todas as pesquisas nela realizadas até o momento não tiveram como objetivo observar o impacto antrópico de visitação, subsídio imprescindível para definição de sua real capacidade de suporte e posterior elaboração de um Plano de Manejo adequado.

**QUADRO 5.2** Gruta do Alambari de Cima

Nº SBE	Nome	
SP- 11	Gruta do Alambari de Cima	
Município/ Localidade	Cadastrante / Descobridor	Data Cadastro / descobrimento
Iporanga / Petar Alambari	CEU	7/6/1991

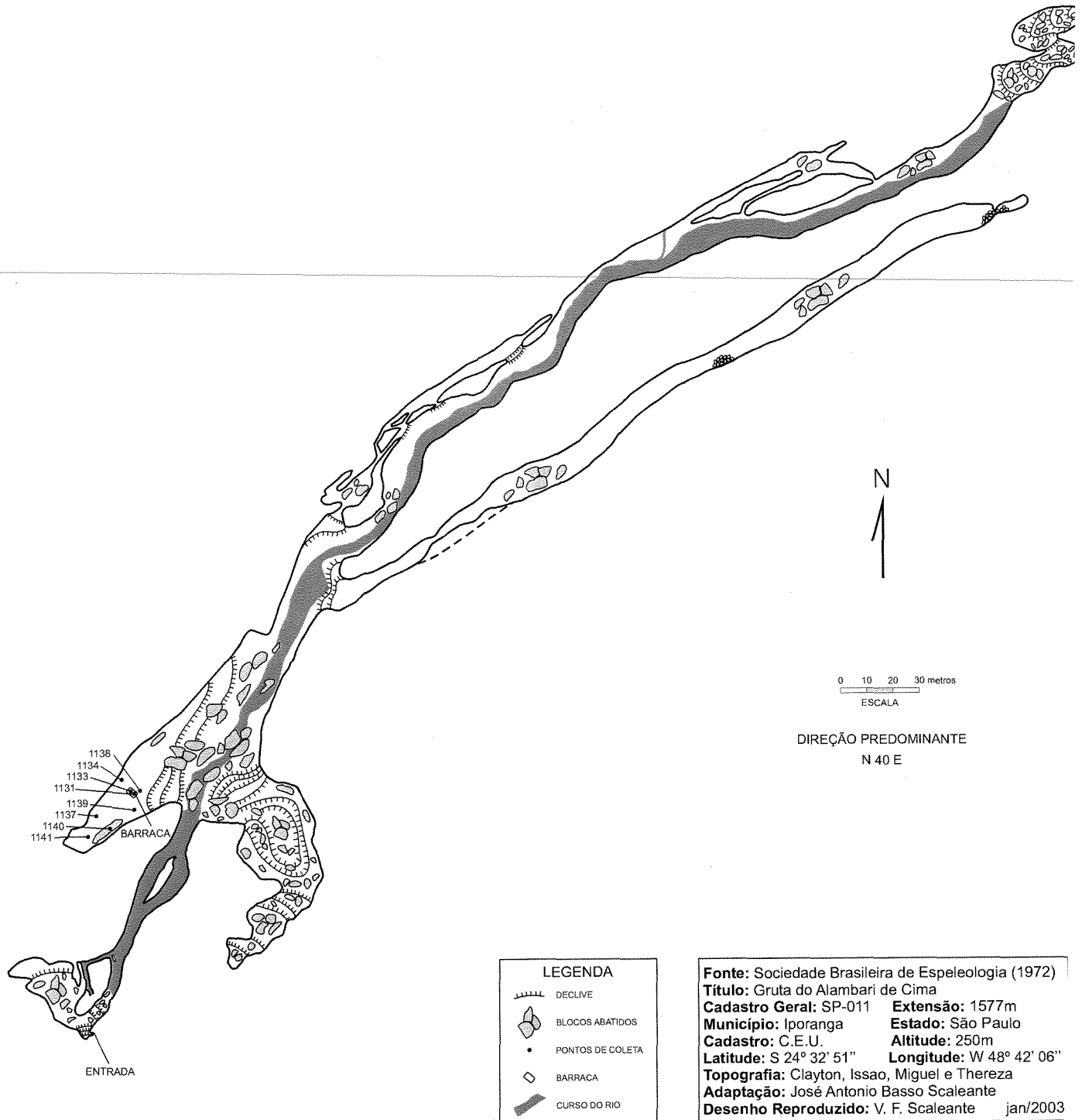
Observação

Ref: Krone 1909

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

# MAPA 6

## GRUTA DO ALAMBARI DE CIMA



## **FOTO 5.2 – Entrada da Gruta do Alambari de Cima**

Dan Robson adentrando em 12/08/2002



A gruta do Alambari de Cima, também em Iporanga (SP), descoberta pelo grupo de espeleologia Centro Excursionista Universitário – CEU em 1991, foi escolhida em virtude do Projeto PETAR-61, que constou da permanência durante 61 dias (12/08 a 12/10/2002) de uma pessoa em seu interior, sem contato direto com o exterior da gruta. Dan Robson foi o autor do projeto, devidamente autorizado pela SBE e pelo IF, que têm como alguns de seus atributos a gestão e a fiscalização das atividades turísticas, esportivas e científicas dentro do Parque.

Tal projeto despertou interesse por oferecer a rara oportunidade de se coletar diferenciadas e significativas informações para a presente pesquisa. Para essas coletas foi necessário desenvolver um outro equipamento, que monitorasse as atividades de um ser humano dentro da caverna, simultaneamente com os registros de temperatura e umidade, o ELCAS 6001 Tipo III.

### **5.2 Geologia geral e local**

A geologia regional se caracteriza por rochas supracrustais de grau metamórfico fraco a médio denominado Grupo Açungui, com embasamento de rochas gnáissico-migmatíticas com alguns núcleos charnockíticos maiores e intercalações de metassedimentos do Paleoproterozóico. Granitos do Neoproterozóico, corpos alcalinos do Cretáceo e diques básicos do Mesozóico

---

cortam as seqüências metassedimentares e seu embasamento. Depósitos quaternários aluvionares e coluvionares acompanham os principais cursos d'água (CAMPANHA, 1991).

As rochas carbonáticas da caverna de Santana pertencem à Formação Bairro da Serra (CAMPANHA *et al*, 1985), composta por metacalcarenitos e metacalcilutitos impuros e margosos, com predominância local dos dolomitos com coloração cinza-escuro. Estratigraficamente, intercalam-se camadas impuras com metassiltitos carbonáticos e filitos. São observadas com freqüência estratificações cruzadas, onduladas e gradacionais, com textura clástica dos grãos parcialmente preservada (KARMANN, 1994).

### 5.3 Geomorfologia e hidrologia

O Vale do Ribeira encontra-se Planalto de Guapiara, uma das 12 unidades geomorfológicas distintas do Planalto Atlântico, que ocorre em faixa orogênica antiga, com litologias diversas, na maioria metamórficas associadas com intrusivas, ou seja, filitos, granitos e calcários, conforme Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT, 1997). Seu modelado predominante é de topos convexos, grande quantidade de canais de drenagem e vales profundos, constituindo-se na área do “Domínio dos Mares de Morros”, de acordo com AB’SABER (1970 apud ROSS, 1985). A bacia do Ribeira encontra-se em terrenos de relevo ondulado, bastante acidentado, com declividades acima de 15% e encostas com amplitudes locais entre 100 e 300m. e uma área considerável com amplitudes locais superiores a 300m. Estas áreas correspondem às cabeceiras e cursos médios dos rios Ribeira de Iguape e Juquiá, representando a descida dos planaltos paranaense e paulistano para a baixada litorânea. Nesta bacia ocorrem freqüentes deslizamentos por conta do relevo montanhoso associado a desmatamentos intensos, uso inadequado das encostas, modificações na rede de drenagem e mineração de areias fluviais (CBH-RB, 2000). Há erosão hídrica laminar ou em sulcos em toda a bacia devido à espessura e natureza dos solos, às declividades e amplitudes predominantes e à alta pluviosidade. Esses escorregamentos e a erosão levam a forte assoreamento dos rios e lagos. Um aspecto peculiar da região é o relevo cárstico, com uma profusão de feições geomorfológicas e hidrológicas como cavernas, dolinamentos, sumidouros, poliés, lapiás etc. (PRANDINI, 1982).

O rio Ribeira nasce na serra de Paranapiacaba, Estado do Paraná, com área de drenagem total de 24.980 km<sup>2</sup>, a maior parte, 62%, no Estado de São Paulo (SANTOS, 1982). Sua drenagem é do tipo exorreica, curso orientado preferencialmente no sentido nordeste e, ao receber

o rio Juquiá, que segue em rumo contrário, adquire a denominação de Ribeira de Iguape (QUEIROZ NETO, 1982). É um rio típico de planalto, com vertentes de forte declividade e extensas superfícies de cumeeira, curso acidentado com profundos vales em “V”. A jusante de Iporanga, onde as cotas estão em torno de 60 m., o gradiente se suaviza e o rio passa a ser típico de planície.

O rio que atravessa a Caverna de Santana é o rio Roncador, tributário da margem direita do rio Betari, que é afluente da margem esquerda do rio Ribeira. Seu sumidouro principal, a uma altitude de 600 m., encontra-se no córrego Mendes, a 150 m. da entrada principal da caverna de Pérolas, enquanto sua ressurgência principal ocorre na entrada da Caverna de Santana, à altitude de 250 e 300 m., próxima do nível do rio Betari. O sistema cárstico Pérolas-Santana é do tipo misto, onde ocorre importante injeção de água alogênica em relação à recarga autogênica, devido ao rebaixamento topográfico da superfície carbonática em relação às rochas não-carbonáticas do entorno. O sistema apresenta velocidade alta para os fluxos d'água devido aos sistemas de condutos, daí se concluindo que são muito vulneráveis a contaminantes hidroveiculáveis (KARMANN, 1994).

#### **5.4 Solos, clima e vegetação**

Os solos da região apresentam-se com espessura elevada, acima de 1 metro, com exceção da área dos sistemas cársticos e do dique de diabásio. Aí são observados afloramentos de rocha, onde quase não existe solo. A permeabilidade é baixa onde predomina o filito, mas elevada nas áreas que apresentam outras rochas, com valores máximos nas zonas de sistemas cársticos. A alta permeabilidade se deve ao grau elevado de carstificação e fraturamento das rochas carbonáticas (KARMANN *op. cit.*).

A área carbonática em estudo está inserida em região climática classificada como subtropical úmida, sem estação seca (GUTJAHR, 1993). No período de 1973 a 2000, a média anual de precipitação foi de 1.631,98 mm., sendo que a estação chuvosa (outubro a março) concentrou 1.100,37 mm. E a estação seca (abril a setembro), 535,74 mm. (SIGHR, 2001).

A temperatura média anual varia entre 20 a 22°C, com amplitudes térmicas relativamente baixas, principalmente devido à proximidade do mar. (TAVARES e GUTJHAR, 1999).

O clima permite o desenvolvimento de uma vegetação de fisionomia heterogênea e densa, a mata pluvial tropical, que ocorre na Serra do Mar e litoral, estendendo-se para o Planalto



Paranaense, acompanhando os vales do rio Ribeira de Iguaçu e seus afluentes, a denominada Mata Atlântica. As araucárias são vistas nas partes serranas mais elevadas, mas a maior parte das árvores da mata tropical é perenifólia, latifoliada, com raízes pouco profundas, medindo de 25 a 30 m. de altura. Há enorme profusão de lianas, epífitas e grande variedade de espécies de samambaias (MILKO, 1982).

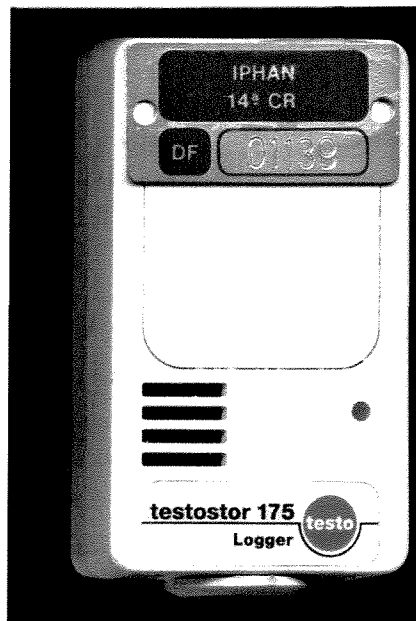
## 6. MÉTODOS, MATERIAIS E TÉCNICAS

Durante um ano e meio de trabalho de campo, foram realizadas várias experiências aprimorando a qualidade dos equipamentos e a forma de coleta de dados em locais e cavernas diferentes, buscando o melhor resultado que fornecesse subsídio para definição de um processo confiável.

Para estabelecer os locais de coletas foram considerados os níveis de energia (FORTI, 1999) descritos no capítulo 4, item 4.3.

A escolha dos equipamentos e a forma de consegui-los foi uma fase muito significativa da pesquisa, porém não suficiente, pois o modelo de observação precisou ser modificado devido à inadequação dos aparelhos para esta pesquisa. A alternativa foi construir um equipamento no Brasil que pudesse contar as pessoas simultaneamente com os medidores TESTOSTOR 175-2, da TESTO (Foto 6.1), que são mini-termohigrógrafos usados para medir temperatura e umidade.

**FOTO 6.1 – Medidor TESTOSTOR 175 - 2**



## 6.1 TESTOSTOR 175-2, da TESTO: medidores de temperatura e umidade

Os equipamentos, em número de 10 unidades, pertencem ao Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN, do Mato Grosso do Sul, os mesmos utilizados para coleta de dados na Gruta do Lago Azul, em Bonito (MS), para elaboração de EIA-RIMA (BOGGIANI, 2002). Os aparelhos foram tomados por empréstimo do IPHAN a pedido da SBE, conforme ofício Dir 019/02.

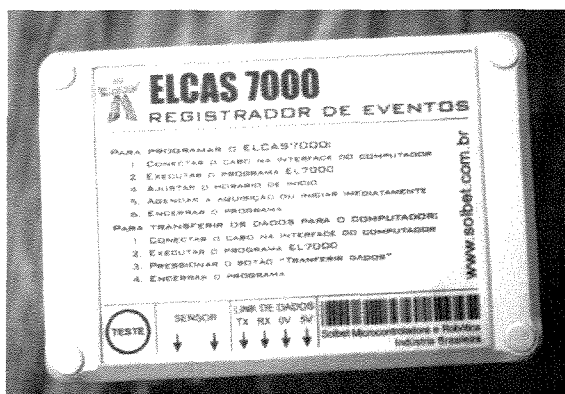
Os medidores TESTOSTOR 175-2 foram escolhidos pela sua precisão de aproximadamente 0,5°C para temperatura e 3% para umidade, além da longa durabilidade das pilhas (1 ano com uso ininterrupto). Durante os testes realizados no laboratório do representante da TESTO no Brasil, localizado em Campinas (SP), constatou-se que a precisão era ainda maior que a indicada nos catálogos.

Além dos fatores citados, fundamentais para a escolha, houve também a necessidade de observar a relação custo/benefício dos equipamentos usados, pois a compra de equipamentos importados inviabilizaria o projeto.

A necessidade de se usar um equipamento que registrasse a quantidade de pessoas simultaneamente com a temperatura e umidade levou a uma parceria com o Centro de Pesquisa Renato Acher – CenPRA, através do pesquisador Dr. Roberto Fernandes Tavares Filho que, a seguir, descreve os dois equipamentos: ELCAS 7000 (Foto 6.2, instalado na Caverna de Santana) e ELCAS 6001 (Foto 6.3, instalado na Gruta Alambari de Cima).

## 6.2 ELCAS 7000: contador de pessoas

FOTO 6.2 - Contador de pessoas



---

(descrição do aparelho pelo Dr. Roberto Fernandes Tavares Filho, com adaptações do autor)

A obtenção de dados referentes à distribuição temporal e espacial do fluxo turístico de visitantes em parques nacionais, cavernas e outros ambientes sujeitos a visitação turística é indispensável para a correta elaboração de um Plano de Manejo. Os sistemas convencionais de contagem apresentam um problema quando se deseja uma precisa localização temporal do número de visitantes. O uso de intervalos de amostragem pequenos, necessários para se obter a definição desejada, provoca o rápido esgotamento da memória. Com este equipamento, apresenta-se uma solução simples que pode ser implementada em *hardware* disponível no mercado, onde, através de uma técnica de compressão de dados sem perda, alia-se alta resolução temporal com grande intervalo global de amostragem.

Mesmo após a elaboração do Plano de Manejo, a medida contínua da distribuição do fluxo e distribuição dos visitantes nas trilhas permanece como uma condição necessária para a manutenção ou adequação do Plano à alteração das condições iniciais.

Embora já existam no mercado nacional contadores eletrônicos que armazenam em memória não volátil os valores contados nos intervalos pré-estabelecidos de tempo, os contadores até hoje utilizados baseiam-se em um algoritmo simples para a aquisição dos dados: a cada fim de intervalo pré-estabelecido, o valor da contagem é armazenado em memória e disponibilizado para futura leitura.

O problema com este processo é que o perfil de visitação nos parques é muito variado, e dependendo da trilha que se deseja monitorar, longos períodos de tempo são decorridos sem que nenhum visitante passe, ou seja, o sistema armazena grande quantidade de “zeros”, desperdiçando memória. A consequência desse desperdício é inaceitável, pois os pesquisadores precisam fazer a leitura dos dados armazenados a intervalos menores do que o desejado e, quando a memória fica cheia, cessa a armazenagem de dados.

Para aumentar o intervalo previsto para a leitura dos dados, pode-se aumentar o intervalo de amostragem. Mas esta alternativa provoca uma falta de definição da leitura nos momentos de pico. Este valor é dependente do ambiente. Nas cavernas do PETAR, onde este experimento foi realizado, definiu-se 1 minuto como o intervalo adequado para possibilitar a correlação entre o número de visitantes e a variação observada em outros parâmetros físico-químicos da caverna.

---

### 6.2.1 A situação hoje

Uma capacidade típica de memória de um contador é de 8 *Kbytes*. Cada período de amostragem corresponde a 1 *byte*. Isto significa que, mantendo 1 minuto de intervalo, a memória será esgotada a cada 5,7 dias. Conhecendo-se os problemas práticos encontrados para a varredura contínua das trilhas com este tempo mínimo, pode-se antecipar os problemas que se seguem a este prazo tão exíguo.

Embora algoritmos de compressão de dados em tempo real, tanto com perda ou sem perda, sejam já bastante estudados, algumas características bem específicas desta aplicação devem ser salientadas.

A cada intervalo de 1 minuto, pode-se esperar uma contagem máxima em torno de 60 pessoas, sendo o valor tipicamente observado por volta de 25 pessoas. O número de intervalos onde se armazena “zero contagem” é muito maior do que o número de intervalos onde se armazena algo. Isto ocorre porque o horário de visitação é restrito, das 8 às 17 h., na maioria as trilhas e cavernas, e a visitação é realizada normalmente em grupos, o que provoca uma distribuição descontínua no fluxo de visitantes.

Os contadores comerciais que adotam a filosofia de “esquema aberto”, e que permitem a elaboração de diferentes programas para teste dos algoritmos, utilizam processadores de poder computacional restrito, quando comparados a computadores de mesa Pentium ou similares. Isto reduz em muito a possibilidade de implementação de algoritmos de compressão mais sofisticados.

Baseados nestas observações, implementou-se um algoritmo de compressão que pode ser utilizado em processadores de 8 *bytes*, e com poucos recursos de memória, mas que, nos experimentos realizados, provou ser capaz de aumentar em até 50 vezes a capacidade média de armazenamento de memória. No exemplo anterior, isto corresponderia a 250 dias sem que a memória ficasse cheia. Este algoritmo é uma variação do bastante conhecido RLE, com a vantagem de que em nenhuma situação possui um fator de compressão inferior a 1, o que pode ocorrer no RLE convencional.

### 6.2.2 O Algoritmo RLE original

O algoritmo *Run-length Encoding* - RLE é uma técnica utilizada para reduzir o tamanho de seqüências de caracteres repetidos. Tipicamente, o RLE codifica uma seqüência de caracteres

em dois *bytes*, registrando a contagem e um símbolo. O RLE pode comprimir qualquer tipo de dado, mas a taxa de compressão depende muito do conteúdo a ser comprimido. Geralmente, as taxas de compressão obtidas com o RLE são inferiores à de outros métodos mais sofisticados, mas ele é mais fácil de ser implementado e mais rápido de ser executado, características importantes em dispositivos de pequeno poder computacional que operam em tempo real. Os arquivos com extensões TIFF, BMP e PCS adotam este tipo de compressão.

Observe-se a sequência de caracteres a seguir, composta de 15 letras “A”. Normalmente seriam necessários 15 *bytes* para armazená-la: AAAAAAAAAAAAAAAAAA

Com RLE, pode-se armazenar esta sequência na forma “15A”, o que requer apenas dois *bytes* para armazenar. O primeiro byte diz a repetição, e o segundo byte informa o caractere.

Em situações onde podem ocorrer muitas sequências curtas, este algoritmo perde significativamente sua eficiência de compressão.

### 6.2.3 A alteração proposta

O algoritmo baseia-se no RLE e na identificação de uma característica específica da aplicação proposta, onde longos períodos de tempo são decorridos com contagem zero. Neste caso, ao invés de armazenarem-se estes zeros armazenam-se um número igual à quantidade de períodos em zero.

O *byte* armazenado é separado em duas partes. O *bit* mais significativo em 0 significa que o valor dos sete *bits* restantes é igual ao número de contagens no período. Desta forma, pode-se contar até 127 pessoas por intervalo. Como o máximo esperado é de 60 pessoas, não teremos possibilidade de exceder a capacidade de armazenagem. Se o *bit* mais significativo for 1, o restante do *byte* informa a quantidade de períodos em que a contagem ficou em zero. Pouco mais de duas horas em zero podem ser armazenadas em um único *byte*.

Durante o período em que os parques estão fechados, 16 horas, esta técnica reduz o número de *bytes* necessário para armazenar todo o período de 960 *bytes* para 8 *bytes*, uma redução de 120 vezes. Durante o período de visita a redução é menor, mas raramente fica abaixo de 50:1 em um dia normal de visita, para o caso da Caverna de Santana, situada no Vale do Ribeira, onde esta técnica foi empregada pela primeira vez.

---

É interessante notar que esta técnica de redução não apresenta nenhum *overhead*, ou seja, na hipótese de um parque com fluxo contínuo de visitantes durante as 24 horas do dia, o consumo de memória será exatamente o mesmo do caso do contador original.

#### 6.2.4 Implementação na Caverna de Santana

O algoritmo acima descrito foi implementado em linguagem *assembler* do PIC16F877, da Microchip (<http://www.microchip.com>). Para a estruturação do *software*, utilizou-se o *software* wiz877 e, como plataforma de *hardware*, o sistema ELCAS7000, da Solbet (<http://www.solbet.com.br>), visto ser este o único contador/registrador encontrado no mercado com *software* de desenvolvimento gratuito e disponibilização dos esquemas e lista de material. Na interface homem/máquina foi utilizado o *framework* wxWindows, o que torna o *software* conceitualmente apto a ser executado em ambiente Windows, Unix ou Mac. O dispositivo foi instalado na Caverna de Santana, dando suporte a trabalhos científicos de determinação do impacto ambiental provocado pela visitação, conforme tabelas e gráficos dos Mapas 1 e 3.

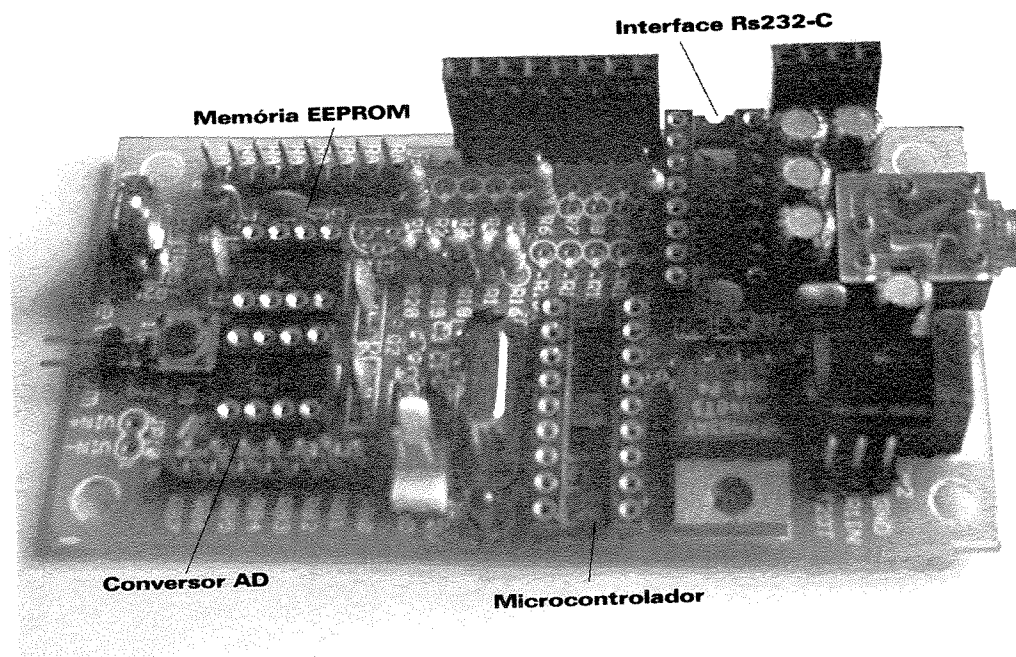
Como resultado, observou-se que a redução no consumo de memória para o caso de uma semana de operação contínua no equipamento, de domingo a domingo, correspondeu ao previsto teoricamente. Esta simples técnica otimiza o uso de memória, trazendo como principal vantagem o fato de que a eventual não leitura dos dados na data prevista não significará mais nenhuma perda de informação devido ao esgotamento de memória. Um contador com este algoritmo traz muita tranquilidade ao pesquisador, pois a eventual impossibilidade de leitura dos dados no prazo previsto pode ser absorvida com facilidade, sem perda de nenhuma informação durante este período.

### 6.3 ELCAS 6001: registrador de eventos (Foto 6.3 e 6.4)

FOTO 6.3 – Registrador de eventos usado na Gruta do Alambari de Cima por Dan obson



FOTO 6.4 – Vista interna do ELCAS 6001



Para se dimensionar corretamente um sistema de aquisição de dados é necessário, além da especificação adequada do equipamento, um conhecimento das técnicas que permitem a recuperação adequada do sinal amostrado. A seguir serão apresentados alguns tipos de sistemas de aquisição de dados mais utilizados em medidas de parâmetros ambientais, e os cuidados que se deve ter na especificação e utilização de cada tipo, de forma a garantir o máximo de confiabilidade na informação obtida. Estas sugestões provêm da área de engenharia eletrônica e foram elaboradas para atender ao presente trabalho de pesquisa. A avaliação contínua do comportamento das diversas variáveis envolvidas na determinação do estado atual e futuro do meio ambiente é uma necessidade claramente identificada. Procura-se esclarecer os principais pontos que devem ser atendidos para que a informação coletada seja de valor real. Erros nesta fase dos experimentos possuem um grande impacto sobre o resultado do trabalho, visto que não adianta utilizarmos algoritmos sofisticados no processamento posterior do sinal se os dados de entradas estão irremediavelmente corrompidos.

Tipicamente, um sistema de aquisição de dados é composto dos seguintes módulos:

Sensor - converte o parâmetro sendo medido em sinal elétrico

Condicionamento de sinal - faz o sinal do sensor ficar na faixa apropriada ao conversor AD

Conversor AD - converte os valores de tensão analógicos em números

Processador - gerencia todo o sistema

Interface com PC - permite a leitura de dados e configuração do sistema

Memória - armazena os dados coletados e a configuração do sistema

A disponibilidade de sistemas e sub-sistemas de boa qualidade e custo razoável no mercado é muito grande, cabendo ao usuário dimensionar adequadamente o seu equipamento para que a medida seja confiável.

Antes de analisar separadamente cada sub-sistema, uma visão global dos requisitos desejados limita o número de opções. Em seguida, a definição das funcionalidades adicionais desejadas permite identificar com precisão o equipamento a ser adquirido ou implementado.



### 6.3.1 A escolha de um sistema de aquisição

O sistema de aquisição pode ser avaliado em relação ao tipo de sinal a ser coletado:

Tipo I - Sistema para aquisição de dados analógicos

Tipo II - Sistema para aquisição de eventos discretos integrados

Tipo III- Sistemas para aquisição de eventos discretos diversos

Os sistemas do Tipo I armazenam informações correspondentes a variáveis contínuas, como temperatura, velocidade do vento, intensidade de luz solar. Para armazenar estas informações, os valores contínuos devem ser convertidos para sistema digital, o que é realizado pelo conversor A/D. Neste tipo de sistema, as seguintes características devem ser levadas em consideração:

- faixa de operação do sensor – exemplificando, em algumas cavernas, trabalha-se normalmente com umidade relativa entre 96 e 100%. A maioria dos medidores tem precisão de até 95% de umidade relativa, o que pode gerar erros grosseiros. Como o problema prático é que muitas vezes não se tem idéia clara da faixa de valores previstos, a alternativa é a escolha de um equipamento de faixa mais ampla inicialmente, que vá limitando esta faixa à medida que o ambiente fica mais conhecido;
- precisão da medida - a precisão é dada normalmente em percentagem, e é importante que o fabricante forneça uma indicação do erro esperado em toda a faixa de operação do sensor. No item anterior, se a precisão da medida de umidade for de 3% (valor tipicamente encontrado), isto inviabiliza a medida na faixa entre 96 e 100%;
- resolução da conversão – os valores podem ser entre 8, 10 e 12 bits, embora existam conversores de até 24 *bits*. Quando maior a resolução, mais *bits* serão precisos para armazenar o valor lido, o que esgota a memória mais rapidamente. Oito *bits* de resolução significam que a faixa total de medida será dividida em 256 partes iguais. Ao medir uma temperatura entre -55 e +200 graus, a resolução máxima será de 1 grau, mesmo que a precisão seja superior a isto. A resolução e a precisão devem ser analisadas em conjunto para determinar a adequabilidade do sistema;
- frequência de amostragem - a correta escolha da taxa de amostragem é de fundamental importância, pois um erro neste ponto é irreversível por processamento posterior. A regra básica para seleção da frequência de amostragem é que ela não deve ser nunca inferior a duas vezes a maior frequência esperada da variável a ser medida. Se possível, deve-se trabalhar com valores em torno de 10 vezes a maior frequência esperada. Quanto

maior a taxa de amostragem, mais fácil é o processamento matemático, porém maior o consumo de memória para armazenamento dos dados. O compromisso deve ser encontrado caso a caso. No caso de não se ter uma idéia clara das variações esperadas, a técnica correta é realizar algumas aquisições preliminares com a taxa mais alta de aquisição possível, e através da transformada de Fourier identificar a maior componente freqüencial do sinal de entrada. A partir daí, pode-se trabalhar com taxas de amostragem entre duas a dez vezes este valor;

- modo de aquisição - muitos experimentos exigem que os dados sejam adquiridos em sincronismo, ou seja, ao mesmo momento, para que a correlação entre eles seja mais facilmente detectada. Este sincronismo pode ser atingido mais facilmente com o uso de sistemas de aquisição com múltiplas entradas, ao invés de sistemas individuais. Porém, mesmo no caso de uso de sistemas com múltiplas entradas, deve-se verificar se o fabricante possui a opção entre aquisição igualmente espaçada e aquisição pseudo-simultânea. No caso da opção igualmente espaçada a aquisição dos canais de entrada é dividida igualmente, com um tempo total igual ao intervalo de aquisição selecionado. No caso da aquisição pseudo-simultânea, a cada fim do período de intervalo os canais são lidos na maior velocidade possível permitida pelo conversor. Se o sincronismo entre a leitura dos canais é condição importante para o experimento, este modo de operação é o único a ser utilizado.
- período de gravação - é uma função da resolução de medida, tamanho da memória, tempo de amostragem e número de canais. Para simplificar a operação, normalmente os *softwares* de programação dos registradores já fazem este cálculo. Normalmente, há duas formas de se contornar o problema de excesso de memória. No primeiro caso, ao se exceder o limite da memória, o sistema continua em operação, descartando os valores mais antigos. No segundo caso, a aquisição cessa por completo, preservando os valores adquiridos. A opção por um ou outro modo depende das necessidades do pesquisador;
- modo de disparo - a aquisição deve poder ser iniciada por dois modos: disparo por fim de tempo de aquisição e disparo por evento externo. Isto é importante para o caso de variáveis que podem assumir valores importantes fora dos períodos de aquisição. Exemplificando, no caso de se medir a altura de ondas do mar. Em avaliação preliminar concluiu-se o intervalo de 3 horas é adequado para avaliar o comportamento das alturas

atingidas pelas ondas em regime normal. Se ocorrer uma tempestade inesperada no intervalo entre duas aquisições, isto poderá provocar ondas elevadas não registradas. Um equipamento disparado também pelo evento “onda grande” resolve este problema. De outra forma, pode-se analisar uma variável somente quando ocorre um determinado evento. Por exemplo, a velocidade de um corpo em função do seu deslocamento. Um odômetro associado ao corpo em movimento pode gerar pulsos que irão provocar o disparo da aquisição em intervalos de deslocamento bem definidos, o que poderia não ocorrer com apenas medida em intervalos de tempo bem definidos;

- modo de início de aquisição - a aquisição deve poder ser iniciada por dois modos: disparo manual imediato e disparo no horário predeterminado. Este último é muito empregado quando se deseja armar uma rede de contadores em locais estratégicos que devem trabalhar em sincronismo;
- autonomia de alimentação de energia - para equipamentos que não podem contar com fornecimento externo de energia, a durabilidade da bateria é um fator a ser levado em consideração. Para sistemas onde se prevê operação por longos períodos de tempo sem assistência humana, deve-se verificar a possibilidade de alimentação via fontes alternativas, como coletores solares ou geradores eólicos. O sistema deve permitir ao usuário ler o valor da tensão da bateria atual e, de preferência, fazer uma previsão do tempo de uso da carga restante;
- persistência na gravação dos dados - os dados devem ser gravados em memória não volátil, de modo que não se percam com alguma falha na bateria. Isto é importante em equipamentos que vão a campo e que não recebem cuidados mínimos necessários. Mesmo com a bateria carregada, uma queda do equipamento pode provocar falha momentânea na alimentação, com perda dos dados armazenados;
- forma aberta de apresentação dos dados - embora vários equipamentos sejam acompanhados de *software* de apresentação e de processamento de dados, o ideal é que os dados lidos do sistema sejam disponíveis em formato padrão para leitura por editores de texto, planilhas de cálculo e outros *softwares* para visualização e processamento de dados;
- forma aberta no protocolo de comunicação entre o sistema e o PC – a disponibilidade do protocolo de comunicação viabiliza que o pesquisador possa desenvolver o seu próprio

programa de interface homem/máquina. A maior vantagem é que o usuário pode se comunicar com diferentes equipamentos de fabricantes diversos através de um sistema de interface único e bem conhecido, agilizando o processo de aquisição dos dados armazenados.

Os sistemas do Tipo II destinam-se a coleta de informações correspondentes ao número de ocorrências do mesmo evento discreto em determinado período de tempo. Um exemplo deste registrador é o contador da passagem de pessoas em um determinado trecho de uma trilha turística. Neste tipo de contador o que interessa é uma perfilagem em função do tempo, ou seja, não apenas um totalizador, mas uma informação do fluxo em função do tempo. Neste tipo de sistema, as seguintes características devem ser levadas em consideração:

- faixa de operação - os eventos processados são integrados por período de tempo. A cada novo período o total de contagens é reinicializado em zero. É fundamental que não ocorra um excesso no limite do contador por intervalo de tempo. Os contadores são normalmente de 8 ou 16 *bits*, correspondendo à capacidade de contagem de 255 e 64K, respectivamente. Em condições normais, deve-se optar por um contador de 8 *bits*, em razão do menor gasto de memória, garantindo um tempo de integração versus número máximo de eventos previstos por período que não provoque excesso nos contadores parciais;
- precisão da medida - como o sinal já é digital, a precisão da medida é fundamentalmente uma característica do sensor. Se forem utilizados tapetes sensores em locais de passagem obrigatória, a possibilidade de erro na medida é muito pequena. Sinais de infravermelho, ao contrário, podem captar espúrios que resultam em valores com uma certa margem de erro. A escolha do sensor adequado e do seu posicionamento são fundamentais para a correta aquisição da informação desejada;
- frequência de amostragem - a correta escolha da taxa de amostragem é de fundamental importância, pois um erro neste ponto é irreversível por processamento posterior. Para seleção da frequência de amostragem, observar que nunca se exceda o limite dos contadores parciais. Há contador totalizador que não aceita excesso do limite, e a somatória dos contadores parciais deve sempre se igualar ao contador totalizador. Embora

esta técnica permita reconhecer o erro na contagem, ela não indica quando isto ocorreu, o que provavelmente causará problemas no posterior processamento do sinal;

- período de gravação – é uma função do tamanho da palavra do contador, tamanho da memória e do tempo de amostragem . Para simplificar a operação, normalmente os *softwares* de programação dos registradores já fazem este cálculo. Há duas formas de contornar o excesso de memória. No primeiro caso, o sistema continua em operação descartando os valores mais antigos; no segundo, a aquisição cessa por completo, preservando os valores adquiridos. A opção por um ou outro modo depende das necessidades do pesquisador. Uma característica importante neste tipo de registrador é a capacidade de compressão, em tempo real, dos dados obtidos. Esta característica permite armazenar dados durante um período de tempo várias vezes maior do que o atingido normalmente com a amostragem convencional;
- modo de início de contagem – a aquisição deve poder ser iniciada por dois modos: disparo manual imediato e disparo em no horário predeterminado. Este último é muito empregado quando se deseja armar uma rede de contadores em locais estratégicos que devem trabalhar em sincronismo;
- autonomia de alimentação de energia – para equipamentos que não podem contar com fornecimento externo de energia, a durabilidade da bateria é um fator a ser considerado. Para sistemas onde se prevê operação por longos períodos de tempo sem assistência humana, deve-se verificar a possibilidade de alimentação via fontes alternativas, como coletores solares ou geradores eólicos. O sistema deve permitir ao usuário ler o valor da tensão da bateria atual e, de preferência, fazer uma previsão do tempo de uso da carga restante;
- persistência na gravação dos dados - os dados devem ser gravados em memória não volátil, de modo a não se perderem em caso de falha na bateria. Isto é importante em equipamentos que vão a campo e não recebem os cuidados mínimos necessários. Mesmo com a bateria carregada, uma queda do equipamento pode provocar falha momentânea na alimentação, provocando perdas nos dados armazenados;
- forma aberta de apresentação dos dados - vários equipamentos são acompanhados de *software* de apresentação e de processamento de dados, mas o ideal é que os dados lidos

do sistema sejam disponíveis em formato padrão para leitura por editores de texto, planilhas de cálculo e outros softwares para visualização e processamento de dado;

- forma aberta no protocolo de comunicação entre o sistema e o PC - a disponibilidade do protocolo de comunicação viabiliza que o pesquisador possa desenvolver o seu próprio programa de interface homem/máquina. Assim o usuário pode se comunicar com diferentes equipamentos de fabricantes diversos através de um sistema de interface único e bem conhecido, agilizando o processo de aquisição dos dados armazenados;

Os sistemas do Tipo III destinam-se a coleta de informações correspondentes à ocorrência de eventos discretos diferentes em horário específico. Estes registradores normalmente operam com eventos muitos dispersos no tempo, e uma coleta periódica seria um desperdício dos recursos computacionais:

- faixa de operação - estes aparelhos podem registrar até 16 eventos diferentes, desde que não simultâneos. Caso sejam necessários os registros de eventos simultâneos, a quantidade de eventos diferentes se reduz a quatro. Registradores adaptados de uso industrial podem trabalhar com 256 eventos ou mais, mas são de custo mais elevado e normalmente extrapolam os requisitos necessários na coleta de dados tipicamente encontrados em monitoração ambiental;
- precisão da medida - como o sinal já é digital, a precisão da medida é fundamentalmente uma característica do sensor. Se forem utilizados interruptores de boa qualidade, a possibilidade de registros múltiplos falsos é pequena, com o equipamento realizando a filtragem necessária internamente. Sinais de infravermelho, ao contrário, podem captar espúrios que resultam em valores com certa margem de erro. A escolha do sensor adequado e do seu posicionamento são fundamentais para a correta aquisição da informação desejada;
- período de gravação - como os eventos ocorrem e são armazenados de forma aleatória, o gasto de memória é difícil de se prever com precisão. Em cada gravação de dados deve ser armazenada a informação completa de data e hora. Isto significa que pelo menos 5 *bytes* são necessários para se registrar a ocorrência de um evento. Em uma memória típica de 8 *Kbytes*, cerca de 1.600 eventos podem ser armazenados;

- autonomia de alimentação de energia – para equipamentos que não podem contar com fornecimento externo de energia, a durabilidade da bateria é um fator a ser considerado. Para sistemas onde se prevê operação por longos períodos de tempo sem assistência humana, deve-se verificar a possibilidade de alimentação via fontes alternativas, como coletores solares ou geradores eólicos. O sistema deve permitir ao usuário ler o valor da tensão da bateria atual e, de preferência, fazer uma previsão do tempo de uso da carga restante;
- persistência na gravação dos dados - os dados devem ser gravados em memória não volátil, de modo que não sejam perdidos em caso de falha na bateria. Isto é importante em equipamentos que vão a campo e não recebem os cuidados mínimos necessários. Mesmo com a bateria carregada, uma queda do equipamento pode provocar falha momentânea na alimentação, que provocarão perdas de dados armazenados;
- forma aberta de apresentação dos dados - embora vários equipamentos sejam acompanhados de *software* de apresentação e processamento de dados, o ideal é que os dados lidos do sistema sejam disponíveis em formato padrão para leitura por editores de texto, planilhas de cálculo e outros *softwares* para visualização e processamento de dados;
- forma aberta no protocolo de comunicação entre o sistema e o PC - a disponibilidade do protocolo de comunicação viabiliza que o pesquisador possa desenvolver o seu próprio programa de interface homem/máquina. Desta forma, o usuário pode se comunicar com diferentes equipamentos de fabricantes diversos, agilizando o processo de aquisição dos dados armazenados.

### 6.3.2 Implementação na Gruta do Alambari de Cima

Simultaneamente à medição dos parâmetros de temperatura e umidade através dos medidores TESTOSTOR 175-2, foi feito um registro das atividades realizadas por Dan Robson no interior da Gruta do Alambari de Cima. Para isso fabricou-se um equipamento de registro de eventos, o ELCAS 6001, Tipo III. (Foto 6.3). Foi um sistema projetado especificamente para o registro do ciclo biológico humano durante a permanência de 61 dias em uma caverna sem nenhum contato exterior direto. Para registrar o horário de despertar, de almoço, de dormir, do jantar e das necessidades fisiológicas, o voluntário pressionava um botão correspondente ao evento ocorrido no equipamento ELCAS 6001 Tipo III, conforme tabelas e gráficos no Mapa 4.

A parte da coleta de dados atribuída a Dan Robson se deu no período de 12 de agosto (sua entrada na caverna) a 12 de outubro de 2002 (sua saída da caverna).

## **7. RESULTADOS**

### **7.1 Análise dos gráficos da Caverna de Santana**

Os registros dos parâmetros de temperatura e umidade simultaneamente com quantidade de pessoas, conforme mostram os Mapas 1, 2 e 3, possibilitam inúmeros cruzamentos que poderão contribuir com definições de capacidade de suporte quando se trata de visitação turística em cavernas.

Para avaliar se há interferência nos parâmetros de temperatura e umidade relativa do ar com a presença de visitantes no ambiente cavernícola e monitorar o fluxo turístico, e para identificar a área de influência do ambiente externo sobre o interno através dos registros simultâneos, foram instalados 8 aparelhos TESTOSTOR 175-2 na galeria do rio da Caverna de Santana, mais 1 desses aparelhos no Salão do Encontro e outro no Salão Fafá (10 ao todo), assim numerados ou nomeados, conforme consta de mapa topográfico (Mapa 5):

- 7 aparelhos numerados (1134, 1135, 1135, 1137, 1138, 1139 e 1141) na galeria do rio, que registraram o grau de influência do ambiente externo sobre o interno;
- na mesma galeria do rio, identificado como ponto “RIO”, foi instalado o aparelho 1133, para funcionar apenas nos finais de semana (20 a 30/06 e 07 a 08/07/2002), concomitantemente com o aparelho contador de pessoas, ELCAS 7000.

As informações registradas nos aparelhos geraram tabelas de dados, de onde foram extraídos aqueles mais significativos para a pesquisa, ou seja, os que realmente indicam interferência da presença humana no ambiente cavernícola.

Os registros sem ou com baixa frequência de visitantes foram importantes para avaliar o estado natural da caverna sem fluxo de visitantes, funcionando como referencial para as análises.

A decisão de fazer o controle do fluxo turístico somente nos fins-de-semana foi tomada após verificação dos registros de entrada no Parque e constatação de que não ocorria visitação suficiente que justificasse fazer controle da quantidade de pessoas de segunda a sexta-feira.

O número expressivo de visitantes ocorre em finais de semana, como se pode verificar no Mapa 2, que registrou 477 visitantes somente na galeria do rio em dois dias.



Segundo Heaton (1986) e Cigna e Forti (1989), as galerias de rio são locais de alta energia em uma caverna, o que significa um alto poder de recuperação ou de manutenção do seu estado natural mesmo com algumas influências antrópicas.

Ao analisar a temperatura e a umidade na galeria do rio, nota-se uma instabilidade que não se percebe nos equipamentos instalados nas galerias superiores, Salão do Encontro e Salão Fafá, no mesmo período de registro, conforme comparação entre o Mapa 2, que trata somente dos equipamentos instalados na galeria do rio, e os Mapas 1 e 3, que tratam da galeria do rio e dos salões Fafá e Encontro em datas diferentes.

A instabilidade na galeria do rio, Mapa 2, pode ser observada através de registros nos aparelhos instalados desde o nº 1135, na entrada, até o último local de registro para essa análise, o aparelho 1141, próximo ao ponto denominado “RIO” no mapa topográfico (Mapa 5).

A diferença de temperatura entre o equipamento 1135, instalado no portão de entrada, e o 1141, próximo ao ponto “RIO”, durante os dias 06/09/02 (registros 949 a 955), e dia 07/09/02 (registros 1093 a 1098), é de 3,7°C. Notadamente no dia 29/06/2002, as diferenças significativas de temperatura nas galerias superiores somente se observam quando existe presença humana, conforme registros 139 a 142, das 11:19 às 11:22h; e registros 158 a 168, das 11:38 às 11:48h no Salão do Encontro; e registros 202 a 207 no horário das 12:22 às 12:27h no Salão Fafá.

No mesmo dia 29/06/2002, na galeria do rio, quando há os registros 149 e 150, das 11:29 e 11:30h, com 51 visitantes, sendo que 07 estavam com iluminação de carbureto, não foi observada qualquer alteração nos parâmetros de temperatura e umidade, conforme demonstram os gráficos do Mapa 1.

Outra análise importante na galeria do rio é em relação aos equipamentos 1134 e 1141, plotados no Mapa 5, com os registros 949 a 955 (06/07/2002), e no Mapa 2, com os registros 1093 a 1098 (07/07/2002). Nos mesmos horários, a diferença de temperatura no equipamento 1134 é de 2°C. Já no equipamento 1141, nos mesmos registros e datas, a temperatura é a mesma: 18,6°C. Isso demonstra que a diferença da temperatura externa não interferiu na interna no local em que foi instalado o equipamento 1141.

Conforme os registros analisados no Mapa 2, é possível demonstrar a instabilidade na galeria do rio, que pode ser decorrente de fatores naturais como inundações, desmoronamentos, decomposição de matéria orgânica etc. Essa hipótese fica reforçada ainda mais, com a tese de alto

poder de recuperação ou de permanência do seu estado natural nesses ambientes. (CIGNA e FORTI, 1989).

Analisando outro exemplo na galeria do rio, conforme Mapa 3, foram selecionados os registros do dia 07/07/2002, entre o intervalo 86, às 11:52h, e o intervalo 133, às 13:26h, com um total de 115 visitantes. Neste período, com maior fluxo turístico de final de semana, a temperatura permaneceu em 19,2°C.

No mesmo dia 7/07/2002, no Salão Fafá, Mapa 3, entre o intervalo 38, às 10:16h, e o intervalo 41, às 10:22h, num período curto de apenas 8 minutos em que transitaram 27 pessoas, houve elevação de temperatura de 19,4°C, que vinha sendo constante, para 19,8°C, diferença de 0,4°C, valor muito próximo da margem de erro do equipamento, conforme especificação do fabricante, que é de mais ou menos 0,2°C. No entanto, logo a seguir, sem presença humana, a temperatura caiu para 19,4°C novamente, e se estabilizou em 19,4°C, até aparecer novo grupo de visitantes.

No mesmo Salão Fafá, Mapa 3, entre o intervalo 450, às 00:00h e intervalo 672, às 7:24h, quando não houve fluxo turístico ou entrada de pessoas, a temperatura manteve-se estável entre 19°C e 19,1°C.

O Mapa 1 mostra a experiência mais significativa em relação à quantidade de pessoas com uso de carbureteira (equipamento utilizado para iluminação à base de carbureto) interferindo significativamente no aumento da temperatura nos salões Fafá e Encontro, fato não ocorrido na galeria do rio. Nesta análise é preciso esclarecer que o número elevado de visitantes só foi possível após um esforço concentrado para que todos entrassem e passassem no Salão do Encontro ao mesmo tempo, como forma de fazer a experiência necessária considerando um pico de visitantes.

Após a passagem pelo Salão do Encontro, parte do grupo saiu da caverna e o restante do percurso foi concluído com número menor de visitantes.

Conforme Mapa 1, entre o registro 56, às 9:56h, e o registro 82, às 10:22h, intervalo de tempo de 26 minutos, passaram 310 visitantes sem parar no Salão do Encontro e a temperatura que vinha se mantendo estável, de 16,89°C, saltou para 20,21°C, registrando um aumento significativo para o ambiente, de 3,32°C. Com a diminuição de visitantes houve uma pequena queda, mas voltando a subir entre o registro 139, às 11:19h, e o registro 143, às 11:23h, quando passaram 86 visitantes. A diferença entre a mínima e a máxima foi de 2,19°C.

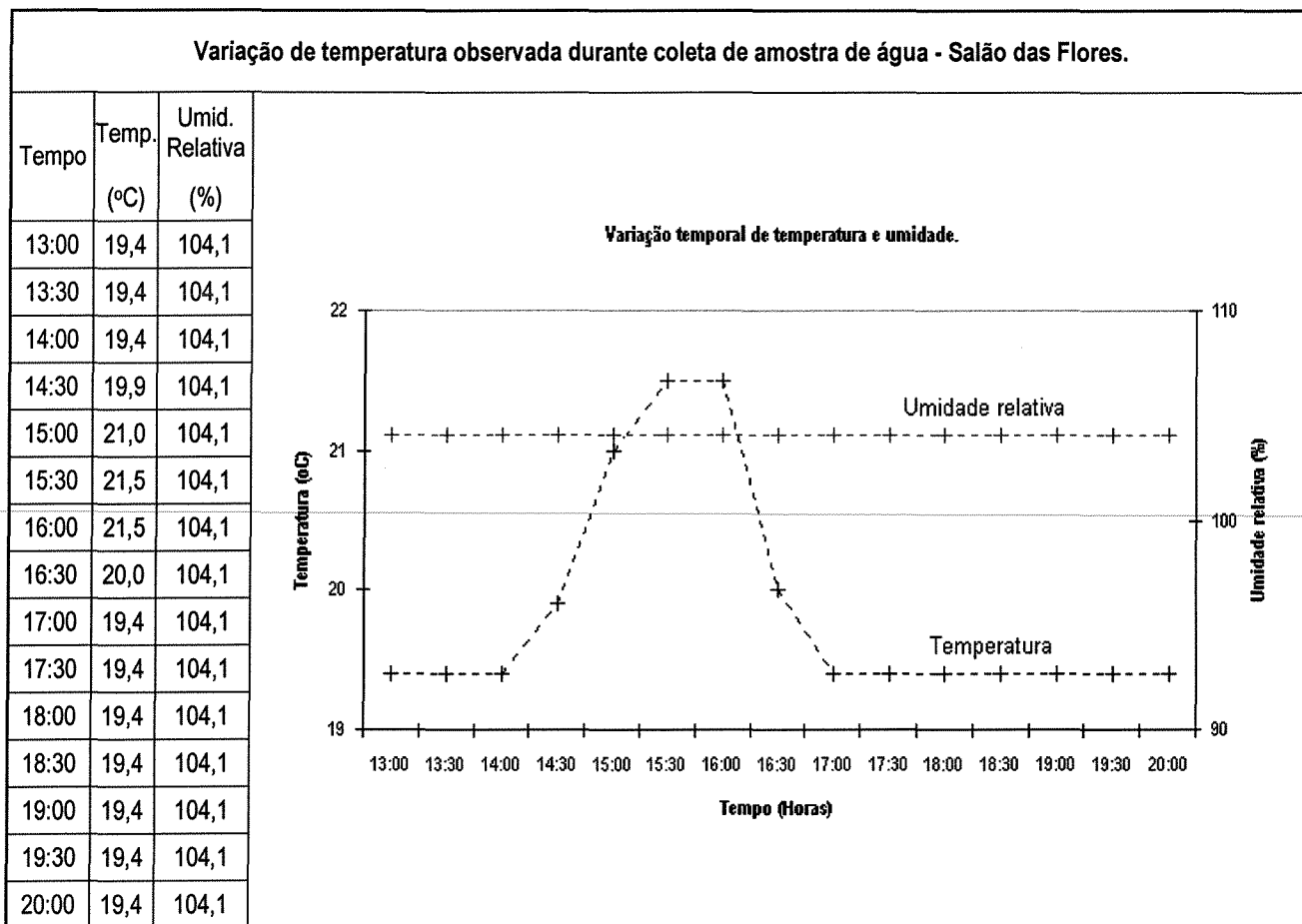
Finalizando a análise, foram convidados para participar da experiência 7 visitantes com carbureteira, que em alguns momentos estiveram junto com outros visitantes. No Mapa 1, registro 149, às 11:29h, e registro 150, às 11:30h, não houve alteração em qualquer dos parâmetros analisados (temperatura e umidade), quando os 7 convidados com carbureteira passaram com outros visitantes pela galeria do rio. Em seguida passaram pelo Salão do Encontro, com registro 158, às 11:38h, e registro 168, às 11:48h, permanecendo no local durante dez minutos. A temperatura então saiu de um valor próximo do estável, 18,06° C, para 22,60°C, registrando um aumento de 4,54°C. Outro fato importante a ser registrado nesse local é que a temperatura continuou subindo até o registro 178, às 11:58h. Portanto, dez minutos após a saída dos visitantes, continuou o aumento de 0,93°C além do registrado com a presença das pessoas usando carbureteira.

Em seguida, passando pelo Salão Fafá, entre o registro 202, às 12:22h, e o registro 207, às 12:27h, o aumento da temperatura no período de cinco minutos foi de 0,92°C.

Com relação à umidade relativa do ar, em todos os registros foi observada uma estabilidade, não sendo alterada em nenhum momento, como aconteceu com a temperatura, quando da presença humana no local.

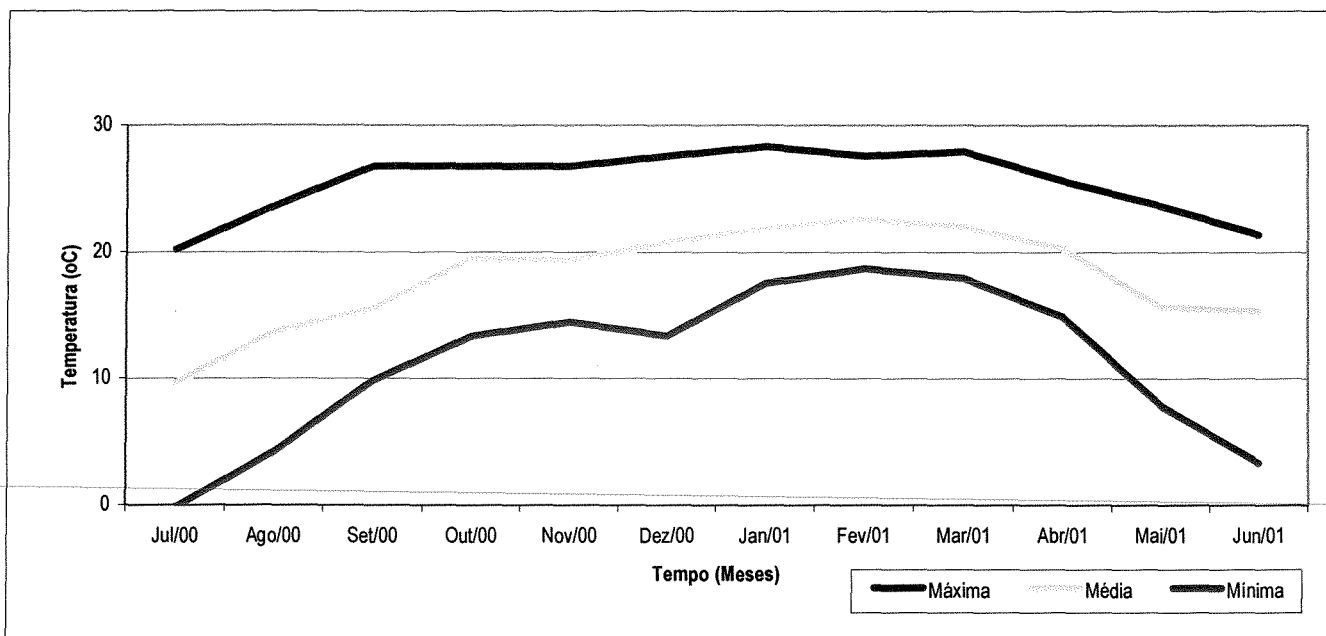
Conforme se verifica na tabela e gráfico abaixo (VIANA JR, 2002), a alteração de temperatura no Salão das Flores, localizado acima do Salão do Encontro e proibido para visitação turística, quando estiveram presentes no local três pesquisadores para coleta de dados durante três horas, observou-se um aumento na temperatura de 1,5°C, e a manutenção estável da umidade.

**GRÁFICO 7.1**

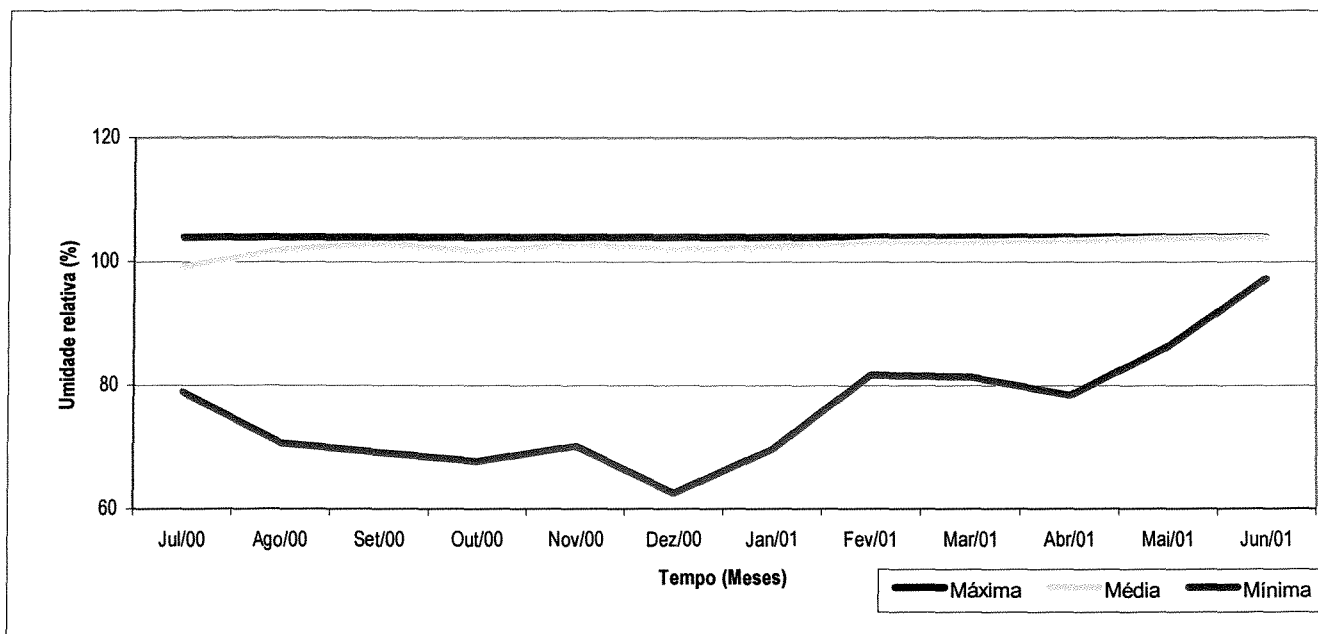


A seguir, Gráficos 7.2 e 7.3, com dados de temperatura e umidade, entre junho de 2000 e junho de 2001, registrados na parte externa da Caverna de Santana, e fornecidos pelo doutorando do IG – USP, Francisco William da Cruz Junior e seu orientador, Prof. Dr. Ivo Karmann:

**GRÁFICO 7.2 TEMPERATURA – MÉDIA EXTERNA DA CAVERNA DE SANTANA**



**GRÁFICO 7.3 – UMIDADE – MÉDIA EXTERNA DA CAVERNA DE SANTANA**



A análise dos gráficos demonstra que a média da umidade relativa do ar na região estudada está muito próxima de 100%, enquanto a temperatura permanece em 19°C. Isto significa

que a média da temperatura externa equivale à temperatura interna da caverna, com 19°C e variações mínimas de mais ou menos 0,5°C durante o ano.

## **7.2 Análise dos gráficos da Gruta do Alambari de Cima**

Para a permanência de Dan Robson durante 61 dias dentro da caverna foi montada uma barraca de lona que lhe desse algum conforto durante os períodos de descanso, conforme Foto 7.1.

**FOTO 7.1 – Acampamento de Dan Robson  
na Gruta do Alambari de Cima**



Toda alimentação e equipamentos usados durante o período estão descritos no Anexos 5.

Para essa experiência foram instalados 6 equipamentos TESTOSTOR 175-2 da TESTO, distribuídos conforme mostra o mapa topográfico da caverna (Mapa 6).

Além disso, também foram instalados 2 equipamentos dentro da barraca, identificados como “BARRACA”, e um fora da caverna, a uma distância de 6 km, identificado como “POUSADA”, conforme tabela no Mapa 4.

Para elaboração dos gráficos foram usadas somente quatro etapas de todos os registros, conforme discriminação a seguir:

- INICIAL - dias 12, 13, 14 e 15/08/2002, 4 dias no início da permanência;
- INTERMEDIÁRIA 1 - dias 25, 26, 27, 28, e 29/08/2002, 13 dias após entrada;
- INTERMEDIÁRIA 2 - dias 21, 22, 24, 25, 30/08 e 01/09/2002, dias escolhidos de forma aleatória;
- FINAL - dias 10, 11 e 12/10/2002, últimos 3 dias de permanência na caverna.

Conforme Mapa 4, pode-se notar que em todos os equipamentos de registro de temperatura e umidade instalados fora da barraca (nºs: 1134, 1137, 1138, 1139, 1140 e 1141), nenhuma alteração foi registrada em decorrência da presença de Dan Robson na caverna.

A diferença de 0,6°C verificada entre a temperatura mais baixa, 19,2°C (equipamento 1140) e a mais alta, 19,8°C (equipamento 1138), está dentro da margem de oscilação indicada pelo fabricante dos equipamentos.

Ressaltando que o equipamento 1134 está localizado a 3,5 m. da entrada da barraca, local utilizado para fazer as refeições, mesmo assim os registros de temperatura e umidade permanecem estáveis.

Os dois equipamentos instalados dentro da barraca foram os únicos que sofreram alterações tanto na temperatura como na umidade relativa do ar. As poucas oscilações que ocorreram estão ligadas às atividades realizadas e registradas no aparelho ELCAS 6001 Tipo III. Tais alterações podem ser observadas no Mapa 4: no dia 25/08/2002 às 12:00, quando a temperatura é de 21,3°C, consta ALMOÇO/JANTAR no equipamento de registro de atividades; e, no dia 27/08/2002 às 10:00h, quando a temperatura é de 21,5°C, também consta ALMOÇO/JANTAR no referido equipamento. Mesmo assim, o aumento da temperatura foi insignificante em relação à estabilidade dos demais registros, permanecendo sempre entre 20 e 21°C.

O aparelho TESTOSTOR 175-2 instalado na “POUSADA” durante o período total dos 61 dias registrou a temperatura mínima de 12,9°C no dia 22/09/2002 à 1:00h e a máxima de 30,3°C no dia 11/10/2002 às 10:00h.

Nota-se que a diferença de 17,4°C entre as temperaturas mínima e a máxima registradas não apresentou interferência alguma nos equipamentos instalados dentro da Gruta do Alambari de Cima.

Todas as atividades registradas com o aparelho ELCAS 6001 Tipo III e os seus respectivos gráficos analisados constam da Tabela 7.1 Registro de atividades.



Tabela 7.1

## REGISTRO DE ATIVIDADES

EVENTO	DATA	HORA			
DORMIR	12/08	19:39	ALMOÇO/JANTA	29/08	11:34
ACORDAR	13/08	07:02	DORMIR	29/08	17:12
BANHEIRO	13/08	07:07	CAFÉ/LANCHE	21/09	00:42
BANHEIRO	13/08	07:45	ALMOÇO/JANTA	21/09	10:40
CAFÉ/LANCHE	13/08	08:44	DORMIR	21/09	13:05
ALMOÇO/JANTA	13/08	15:33	ACORDAR	22/09	00:13
DORMIR	13/08	15:50	CAFÉ/LANCHE	22/09	00:31
ACORDAR	14/08	06:40	ALMOÇO/JANTA	22/09	09:21
CAFÉ/LANCHE	14/08	09:48	DORMIR	22/09	11:15
BANHEIRO	14/08	09:48	<b>troca de aparelho</b>	23/09	11:50
			ALMOÇO/JANTA	24/09	10:12
			DORMIR	24/09	12:17
CAFÉ/LANCHE	14/08	13:26	ACORDAR	24/09	23:36
DORMIR	14/08	16:50	CAFÉ/LANCHE	25/09	00:32
ACORDAR	15/08	07:54	ALMOÇO/JANTA	25/09	11:40
CAFÉ/LANCHE	15/08	09:14	CAFÉ/LANCHE	30/09	01:50
BANHEIRO	15/08	09:14	ALMOÇO/JANTA	30/09	11:54
ALMOÇO/JANTA	15/08	16:52	DORMIR	30/09	12:40
DORMIR	15/08	17:43	ACORDAR	30/09	23:11
CAFÉ/LANCHE	25/08	04:11	CAFÉ/LANCHE	30/09	23:37
ALMOÇO/JANTA	25/08	11:58	ALMOÇO/JANTA	01/10	04:10
DORMIR	25/08	19:31	DORMIR	01/10	11:45
ACORDAR	26/08	02:23	ACORDAR	01/10	22:58
BANHEIRO	26/08	03:51	ALMOÇO/JANTA	10/10	03:27
CAFÉ/LANCHE	26/08	04:33	DORMIR	10/10	10:01
ALMOÇO/JANTA	26/08	13:33	ACORDAR	10/10	22:07
DORMIR	26/08	18:10	BANHEIRO	10/10	22:13
ACORDAR	27/08	03:03	CAFÉ/LANCHE	10/10	22:39
BANHEIRO	27/08	03:09	ALMOÇO/JANTA	11/10	03:23
CAFÉ/LANCHE	27/08	03:59	DORMIR	11/10	09:31
ALMOÇO/JANTA	27/08	09:49	ACORDAR	11/10	19:21
DORMIR	27/08	15:47	CAFÉ/LANCHE	11/10	19:53
ACORDAR	28/08	02:37	BANHEIRO	11/10	20:27
CAFÉ/LANCHE	28/08	03:55	ALMOÇO/JANTA	12/10	02:37
ALMOÇO/JANTA	28/08	10:12	DORMIR	12/10	07:28
DORMIR	28/08	19:51	ACORDAR	12/10	09:20
ACORDAR	29/08	02:42	BANHEIRO	12/10	09:34
BANHEIRO	29/08	02:49	CAFÉ/LANCHE	12/10	09:57
CAFÉ/LANCHE	29/08	03:26	DORMIR - SAIDA	12/10	16:52

---

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa ora apresentada, que usou os parâmetros de temperatura e umidade relativa do ar simultaneamente com quantidade de pessoas ou registrador de eventos, possibilitou analisar equipamentos já existentes e desenvolver outros que, conjuntamente, ofereceram resultados eficazes para concluir que:

- os medidores TESTOSTOR 175-2 (já existentes) usados para registro de temperatura e umidade relativa do ar foram eficazes instalados conjuntamente com o contador de pessoas ELCAS 7000 e o registrador de eventos ELCAS 6001 (ambos desenvolvidos especialmente para este estudo).
- o registro simultâneo dos dados, com intervalo de um minuto, possibilitou o cruzamento em tempo real da ocorrência de qualquer tipo de alteração no ambiente em análise;
- a partir da instalação de vários equipamentos na galeria do rio da Caverna de Santana, notou-se instabilidade nos registros de temperatura, mesmo quando não houve ocorrência de visitantes;
- mesmo com a presença de visitantes na galeria do rio, a umidade relativa do ar permanece estável, fato ocorrido também nos Salões do Encontro e Fafá;
- os registros sem ou com baixa frequência de visitantes foram importantes como referencial do estado natural da caverna para as análises de impacto realizadas;
- a presença de 7 visitantes com a iluminação de carbureto durante 10 minutos no Salão do Encontro provocou um aumento de 4,54°C na temperatura local da caverna;
- a passagem de 310 visitantes pelo Salão do Encontro não provocou aumento na temperatura local, em contraste com a presença de 7 visitantes com carbureteira, que causaram o aumento na temperatura de 4,54°C;
- o uso do carbureto para iluminação dentro da caverna com baixa e moderada energia é prejudicial.
- a permanência de visitantes com iluminação de carbureto na galeria do rio não alterou seu estado natural durante os registros;
- quando o ambiente é impactado pela presença de visitantes usando iluminação a carbureto, o retorno para seu estado natural se torna mais longo;

- 
- foi observada estabilidade em todos os registros de umidade relativa do ar, não havendo alteração em qualquer momento, como aconteceu com a temperatura diante da presença humana no local;
  - os equipamentos TESTOSTOR 175-2, instalados fora da barraca, que registraram a temperatura e umidade relativa do ar durante a permanência de Dan Robson no período de 61 dias dentro da caverna do Alambari de Cima, não apresentaram qualquer alteração decorrente de sua estada e atividades no local;
  - os dois equipamentos instalados dentro da barraca foram os únicos que sofreram alterações tanto na temperatura como na umidade relativa do ar;
  - as poucas oscilações que ocorreram na temperatura e umidade, conforme os registros dos aparelhos instalados no interior da barraca, estão ligadas a momentos de atividades realizadas e não de descanso;
  - foi satisfatório o grau de eficiência do equipamento ELCAS 6001 Tipo III em registrar os eventos pré-estabelecidos, simultaneamente com temperatura e umidade;
  - mesmo com a diferença de 17,4°C entre a temperatura mínima e a máxima externa, registradas no ponto “POUSADA”, isto não apresentou qualquer interferência nos equipamentos instalados dentro da Gruta do Alambari de Cima;
  - o sistema desenvolvido revelou-se eficiente para contribuir na definição de capacidade de suporte de ambientes cavernícolas por ocasião da elaboração dos Planos de Manejo Espeleológicos;
  - o monitoramento dos percursos turísticos de uma caverna deve ser permanente e os locais mais próximos, enquadrados para observações dentro de prazos flexíveis a serem estipulados conforme os registros indicarem;
  - a partir das considerações da pesquisa aqui descritas, conclui-se pela imediata aplicação da legislação vigente, Decreto nº 99.556 no seu Art. 3º, e solicitação para que seja implementado o sistema de monitoramento com registro simultâneo da quantidade de visitantes em grutas turísticas.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. *Geomorfologia e Espeleologia*. ESPELEO-TEMA nº 12, 24-31, SBE. São Paulo, 1979.

AB'SABER, A. N. 1977. *Diretrizes para uma política de preservação de reservas naturais no Estado de São Paulo, Geogr. e Planej.* 30. Inst. Geogr. Univesidade de São Paulo

ALBRECHT, Kurt João. 1998. *Avaliação geológica-geotécnica de terrenos sujeitos a problemas cársticos*. São Carlos, 210 p. Tese de Doutorado – Departamento de Geotecnia/USP.

---

AMARAL, Sérgio E. de et al. 1966. *Sobre alguns cristais de cerusidade Lajeado e Monjolinho, Iporanga, SP*. Miner. Meta, R., Rio de Janeiro

AULER, Augusto e FARRANT. A R. 1996. *A Brief Introduction to karst and caves in Brazil* - Proccedings University of Bristol Spelaeological Society 20: 187-200.

\_\_\_\_\_. *Espeleometria no Brasil: uma abordagem histórica*. ESPELEO-TEMA nº 18, 23-30, 1997.

\_\_\_\_\_. *Peter Lund e o Salitre nas Cavernas Brasileiras*. O CARSTE nº 9: 103, 1997.

AYUB, Soraia. 1998. *Aplicação do corante traçador fluorescente Rhodamina-WT no estudo hidrológico e hidrogeológico dos sistemas cársticos Pérolas-Santana, Grilo e Zezo, município del poranga, Estado de São Paulo*. Dissertação de mestrado. IG / USP.

BARBIERI, Alex José. *Depósitos Minerais Secundários das Cavernas Santana, Pérolas e Lage Branca, Município de Iporanga - São Paulo*. São Paulo, 1993. 96 p. Dissertação de Mestrado em Mineralogia e Petrologia, USP.

BARNTHOUSE, L. W. 1993. *Ecological Risk Assessment and the National Research Council*. In E.S. Bender and F. A. Jones, eds., *Applications of Ecological Risk Assessment to Hazardous Waste site Remediation*, Water Environment Federation, Alexandria, Virginia.

---

BARROS, Silvio Magalhães; LA PENHA, Denise H. M. de. *Diretrizes para uma Política Nacional de Ecoturismo*. Brasília: Grupo de Trabalho Interdisciplinar MICT/MMA/IBAMA, 1994.

BISSOLI, Maria Angela M. Ambrizi. *Plano de Desenvolvimento Turístico do Município de Altinópolis*. PUC Campinas. 1996.

BITTAR, Omar. *Mineração, Uso do Solo e Conflitos Ambientais no Litoral Paulista*. Tese de Mestrado / Administração de Recursos Minerais. UNICAMP, 1991 (Biblioteca de Geociências, Tese B 546 M).

BOGGIANI, P.C. coord. 2002. *Estudo de Impacto Ambiental da Visitação Turística do Monumento Natural Gruta do Lago Azul – Bonito, MS*. 135 p.

BRANDT, Wilfred. *Espeleologia Aplicada aos Estudos de Impacto Ambiental*. In: Anais do 1º Congresso de Espeleologia da América Latina e do Caribe. Brasil, Belo Horizonte, 1988. P. 197-206

BRASIL, RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA. *Anais do IV Seminário Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica Região Sudeste*. Espírito Santo, 15-17/04/96. p. 53. 1996.

BROOK, George A; ALLISON, Terry. *Fracture Mapping; Ground Subsidence Susceptibility Modelling in Covered Karst Terrain: Dougherty County, Georgia*. IN: Environmental Karst. USA: P. H. Dougherty, 1983.

BURG, Roberto. 1998. *Zoneamento Ambiental em uma Unidade de Conservação - Estudo de caso no PETAR*. Relatório para qualificação - Mestrado Instituto de Biologia. São Paulo. USP.

---

CAMPANHA, G. *Tectônica Proterozóica no Alto e Médio Vale do Ribeira, Estados de São Paulo e Paraná*. São Paulo, 296p. (Tese de Doutorado - Instituto de Geociências/USP). 1991.

CAMPANHA, G. A; GIMENES FILHO, A; VIEIRA CAETANO, S. L.; ALVES PIRES, F.; LUCAS DANTAS, A S.; TEIXEIRA, A L.; DEHIRA, L. K.; HACHIRO, J.; STEFANI, F. L.. 1985. *Geologia das Folhas Iporanga (SG 22-X-B-V-2) e Gruta do Diabo (SG 22-X-B-VI-1), Estado de São Paulo*. São Paulo, IPT/Pró-Minério (Relatório nº 22.352).

CAMPANILI, Maura (org). 1994. *Relato do Laboratório Ambiental para Imprensa Vale do Ribeira/94*. São Paulo. Fundação SOS Mata Atlântica.

---

Centro de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas-CECAV/IBAMA 1998. *Dinho e a caverna*. Marra, R.J.C. (org.). Cartilha, CD e K7.

CBH-RB, 2000. In: São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. *Gestão das águas: 6 anos de percurso*. Secretaria do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente, 1997

CARTELLE, Castor. *Tempo Passado Mamíferos do Pleistoceno em Minas Gerais*. Belo Horizonte. Editora Palco. 1994.

CBH-RB. 2000. *Comitê da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul. Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI 11*

CHRISTOFOLETTI, Antônio. *A geografia física no estudo das mudanças Ambientais*. In: CHRISTOFOLETTI, Antônio et alii. *Geografia e Meio Ambiente no Brasil*. São Paulo-Rio de Janeiro. Editora Hucitec, 1995. Cap. IV, p. 334-345.

CIGNA A. A., 1958. *Prime ricerche meteorologiche nella Grotta di Bossea* (Cuneo). R.S.I., 2, 191-201.

---

CIGNA, A.A., FORTI P., 1989. *Problemi di inquinamento e salvaguardia delle aree carsiche. (I principali agenti di degrado nelle grotte turistiche: loro effetti e possibili rimedi)*. Nuova Editrice Apulia, 47-60

CIGNA, A. A., FORTI P., 1990. *La V.I.A delle grotte turistiche. The E.I.A. of a tourist cave*. VIA, 1ª Arca Edizioni, Milano, 4 (16): 42-53

CIGNA A. A., 1989. Atti XV Congr. Naz. Spel, Castellana Grotte. 999-1011

CIGNA A. A. 1999. *Environmental Protection and Manegement of Show caves. The Case of Italy*. In press.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM Agência São Paulo  
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL – DNPM (1972). *Projeto Calcário para Cimento*. Convênio DNPM – CPRM.

CRUZ JÚNIOR. F. W. da. *Gráficos de temperatura e umidade externas da Caverna de Santana*, que fazem parte de sua tese de doutorado em andamento no IG/USP. 2003

CUNHA, Mylène Luiza, BORN, Berbert e HORTA, Lília Calsavara de Senna. *Projeto Vida, Espeleologia. Título IV Série*, Belo Horizonte. Edição CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 1994.

DEREK, F.; WILLIAMS, P. *Karst Geomorphology and Hydrology*. Academic Division of Union Hyman Ltda., 1989

ELFVENDAHL, Sara. 2000. Minor Field Studies nº 129. *Detection of pesticide residues in water, sediment and fish in Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira, State of São Paulo, Brazil*.

---

ENGECORPS. 1996. *Proposta de Macrozoneamento do Vale do Ribeira*. Secretaria do Meio Ambiente, Coordenadoria de Planejamento Ambiental.

ESPELO-TEMA. Publicação científica anual da Sociedade Brasileira de Espeleologia

FIGUEIREDO, Luiz Afonso Vaz de. *Cavernas Brasileiras e seu Potencial Turístico um Panorama entre a Escuridão e as Luzes*. In: *Turismo e Meio Ambiente*. Org.: VASCONCELOS, Fábio Perdigão. Fortaleza: FUNECE, 1998.

FIGUEIREDO, L. A. *Cavernas brasileiras e seu potencial ecoturístico um panorama entre a escuridão e as luzes*. In: *Turismo e meio ambiente*. VASCONCELOS, F. P. (org.). Fortaleza: UECE, 1998.

FORD, Derek; WILLIAMS, Paul. 1989. *Karst Geomorphology and Hydrology*. London: Unwin Hyman.

----- . 1992. *Karst Geomorphology and Hydrology*. London: Chapman & Hall.

FORTI, P. ; CIGNA, A.1983: *Relazione della commissione tecnico scientifica per lo studio di alcuni fenomeni di infiltrazione nelle Grotte di Castellana*. Unpublished report for the Amministrazione Provinciale di Bari.

FORTI, P. ; GRIMANDI, P. 1987. *Il Parco dei Gessi Bolognesi: una realizzazione non piu differibile*. Atti. Conv. "Per il rilancio Del Parco dei Gessi". Bologna, Pitagora Edizioni, 25-3-.

FORTI, P., 1989. *Problemi di inquinamento e salvaguardia delle aree carsiche.(I principali agenti inquinanti dell'ambiente carsico ipogeo)*. Nuova Editrice Apulia, 35-46

FORT P., 1996. *Turisticizzazione de tutela dell'ambiente ipogeo: due aspetti non contrastanti*. In Cigna A. A. (Ed.) – BOSEA MCMXCV. Proc "Show Caves and Environmental Monitoring" Symp. Int., Frabosa Soprana (Cueno) 24-27/III/1995: 49-56.



FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. *Mata Atlântica*. São Paulo: Editora Index, 1991.

GEGEO-Grupo Espeleológico de Geologia da USP. *Caracterização Geo-espeleológica preliminar das cavernas da porção central da Serra da Bodoquena, na região de Bonito, MS*. 1996.

GEOBRASIL. Relatório Nacional GEOBRASIL. Projeto relatório *Perspectivas do meio ambiente mundial* (PNUMA/IBAMA) *para o tema subsolo*. Serviço Geológico do Brasil. BORN, Myllène Berbert. CPRM. 2002.

GENTHNER, C. 2001. *Aplicação do traçador fluorescente Rhodamina – WT no estudo geohidrológico da área carbonática Lageado – Bombas, Vale do Betari, sul do estado de São Paulo* (dissertação de mestrado – IG/USP).

GILLIESON, David. 1996. *Caves Processes, Development, Management*. Great Britain: T. J. Press Limited,,Padstow, Cornwall.

GSE. 1997. *See The Future of the Global Environment; A Model-based Analysis Supporting UNEP's First Global Environment Outlook*. UNEP/DEIA/TR97-1.

GUTJAHR, M. R. 1993. *Critérios relacionados à compartimentação climática de bacias hidrográficas: a bacia do rio Ribeira de Iguape*. São Paulo (dissertação de mestrado, departamento de geografia-FFLCH/USP)

GUIVANF, Júlia F. 2000. *Reflexividade na sociedade de risco: conflitos entre leigos e peritos sobre os agrotóxicos*. In: HERCULANO, Selene C.; PORTO, Marcelo Firpo de Souza; FREITAS, Carlos Machado (org.). 2000. *Qualidade de vida e riscos ambientais*. Niterói, EDUFF

HILL, Carol and FORTI, Paolo. *Cave Minerals of the World*. USA: National Speleological Society. 1997.

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

HEATON, T. 1986. *Caves. A tremendous range in energy environments on earth*. National Speleological Society News, 44(8), 301-304.

HUPPERT, G.; BURRI, E.; FORTI, P.; CIGNA, A. *Effects of Tourist Development on Caves and Karst*. In: Karst Terrains: environmental changes and human impact. WILLIAMS, Paul W. (ed.). Cremlingen-Destedt: Catena Supplement, 1993.

IBGE. 2000. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Anuário Estatístico do Brasil*.

IMPRESCIA, U., MUZI F., 1989. *Luce artificiale e sviluppo dlla flora in ambiente di grotta*. Atti XV Congr. Naz. Spel. Castellana Grotte.1023-1030

IMPRESCIA, U., 1983. *Considerazioni teoriche sulla radiazione emessa da vari tipi di lampade, in relazione alla formazione ed alla crescita di alghe e muschi sulle pareti illuminate di grotte turistiche*. Le Grotte d'Italia (4) 11: 93-102

INFORMATIVO SBE. Monte Sião-MG. SBE, jul-out/97, páginas 14 a 20.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. *Carta Geotécnica do Estado de São Paulo*. São Paulo: IPT. 1997. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.

JENNINGS, Joseph Newell. 1987. *Karst Geomorphology*. Oxford and New York: Basil Blackwell.

KARMANN, Ivo. *Evolução e Dinâmica Atual do Sistema Cárstico do Alto Vale do Rio Ribeira de Iguape, Sudeste do Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado, USP. São Paulo, 1994.

KARMANN, Ivo. 1982. *Alto Vale do Ribeira: Província Espeleológica do Vale do Ribeira*. In: KOSHIMA, Akira et alii. I Simpósio sobre a ocupação do Vale do Ribeira. ABGE/SBE. São Paulo.

KARMANN, Ivo, SANCHES, L. E. 1979. *Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil*. Sociedade Brasileira de Espeleologia., Espeleo-Tema, 13: 105-167, São Paulo.

KAVLOCK, R.J., G.T. Ankley, 1996. *A Perspective on the Risk Assessment Process for Endocrine-Disruptive Effects on Wildlife and Human Health*. Risk Analysis 16 (6).

KRONE, R. *As Grutas calcárias do Vale do Rio Ribeira de Iguape*. Inst Geogr. Geol., volume VIII nº 3, p. 248-298, 1950.

KOSHIMA, Akira 1982. *I Simpósio sobre a ocupação do Vale do Ribeira*. ABGE/SBE. São Paulo.

LE BRET, Michel. *Maravilhoso Brasil Subterrâneo*. Jundiaí: Editora Japi Ltda, 1995

LEPINE, R. 1991. Relatório de Iniciação Científica: *Mapeamento Geoespeleológico da Caverna Santana, Iporanga*. SP. Bolsa FAPESP no 91/2314-1, orientador Ivo Karmann, IGC-USP

LINO, Clayton F.; ALLIEVI, João. *Cavernas Brasileiras*. São Paulo: Melhoramentos, 1980.

LINO, Clayton F. 1982. *Alto Vale do Ribeira: Vale do Ribeira: Incorporação de uma Área Periféria à Economia Central*. In: KOSHIMA, Akira et alii. *I Simpósio sobre a ocupação do Vale do Ribeira*. ABGE/SBE. São Paulo

LINO, Clayton Ferreira. *Cavernas, o Fascinante Brasil Subterrâneo*. São Paulo: Editora Rios, 1989.

Manual do wxWindows; <http://www.wxWindows.org>

Manual do processador PIC16F877 – <http://www.microchip.com>

Manual do contador ELCAS7000 - <http://www.solbet.com.br>

Manual SDK ELCAS 6000 - <http://www.solbet.com.br>

MARRA, R.J.C. 2001. *Espeleo Turismo: Planejamento e Manejo de Cavernas*. Ed.WD Ambiental. 2001, Brasília. 224p.

MENICHETTI, M. 1995. *Bilancio energetico di una grotta turistica: la Grotta Grande del Vento a Frasassi*. In: Simp. Inter. Grotte turistiche e monitoraggio ambientale, Frabiosa Soprana (Cuneo)

MENICHETTI, M., Galdenzi S., Marinelli G., Pierini A., Tosti S., 1995. *Monitoraggio ambientale e flusso turistico nella Grotta Grande del Vento a Frasassi*. In: Simp. Inter. Grotte turistiche e monitoraggio ambientale, Frabiosa Soprana (Cuneo)

MILKO, Peter. 1982. *Alto Vale do Ribeira: a necessidade de preservação*. In: KOSHIMA, Akira et alii. I Simpósio sobre a ocupação do Vale do Ribeira. ABGE/SBE. São Paulo

OLIVEIRA, José Flávio de.; SERRANO, Célia M. T. (coord.). *Diretrizes para uma Política Estadual de Ecoturismo*. Secretaria do Meio Ambiente, 1997.

OLIVEIRA, Antonio Manoel dos Santos; BRITO, Sérgio Nertan Alves de. 1998. *Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. (capítulo 7 e p. 304)

PALOMBA, Vitaliano. *Proposta per La Fruzione Naturalistica Di Um Ambiente Ipogeo Neo Parco Fluviale Del Revere*. Università Degli Studi di Perugia – Facoltà di Scienze MM FF NN. 1995

PIERRE-YVES; PANCHOUT, JEAN-FRANÇOIS. *Brasil - Aventures Spéléo sous les Tropiques - São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Piauí*. Océane Graphique Le Havre, 1995.

PILÓ, Luís Beethoven. *Caracterização Regional do Carste do Vale do Paraíba*. O CARSTE n° 9: 22-29, 1997.

\_\_\_\_\_. *Démormations dans la Structure de la Couverture Pédologique dues a des Processus de Dolinisation dans le Karst du Baú-Brésil*. Montpellier. 16º Congres Mondial de Science du Sol. Resumos, 1998.

\_\_\_\_\_. *Solos sobre Calcários - Referências e Perspectivas de Análises no Contexto da Geomorfologia Cárstica*. O CARSTE nº 8: 11-15, 1996.

\_\_\_\_\_. *Rochas Carbonáticas e Relevos Cársticos em Minas Gerais*. O CARSTE nº 9: 72-78, 1997.

PRANDINI, Fernando Luiz. 1982. *A bacia do Ribeira do Iguape: aspectos do meio físico no uso e ocupação dos solos*. In: KOSHIMA, Akira et alii. I Simpósio sobre a ocupação do Vale do Ribeira. ABGE/SBE. São Paulo.

---

PRANDINI, Fernando Luiz; NAKASAWA, Valdir Akihiko; FREITAS, Carlos Geraldo Luz de; DINIZ, Nórís Costa. 1995. In: In: BITAR, Omar Yazbek (coord.). *Curso de geología aplicada ao meio ambiente*. São Paulo. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Geologia.

QUEIROZ NETO, José Pereira de. 1982. *O Vale do Ribeira: o meio físico regional*. In: KOSHIMA, Akira et alii. I Simpósio sobre a ocupação do Vale do Ribeira. ABGE/SBE. São Paulo.

ROSS, Jurandyr L. Sanches (org.) *Geografia do Brasil*. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo, 1995.

ROSS, Jurandyr L. 1985. *Relevo Brasileiro: uma nova proposta de classificação*. In: Revista do Departamento de Geografia, n.4, FFLCH/USP, São Paulo.

SÁNCHEZ, Luís Enrique. *Avaliação do Impacto Ambiental na Mineração*. Brasil Mineral. São Paulo, nº 48, nov/1987.

SÁNCHEZ, Luís Enrique. *O Sistema, Unidade Lógica de Referência dos Estudos Espeleológicos*. In: ESPELEO-TEMA nº 16, 3-14, SBE. São Paulo, 1992.

SANTOS, José. 1982. *Recursos Hídricos do Alto Vale do Ribeira*. In: KOSHIMA, Akira et alii. I Simpósio sobre a ocupação do Vale do Ribeira. ABGE/SBE. São Paulo.

SÃO PAULO (estado). Secretaria do Meio Ambiente. *A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e sua Aplicação no Estado de São Paulo Não Matarás*. São Paulo: Terra Virgem, 1998.

\_\_\_\_\_. *DRPE/IF Plano de Ação Emergencial Implantação e Manejo de Unidades de Conservação DRPE/IF*, 1994.

---

SBE-SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA. *Cadastro Nacional de Cavernas Naturais. Índice de Dados sobre as Cavernas do Brasil*. SBE, Listagem Inédita. 1993.

SCALEANTE, José Antonio. *Banco de Imagens da Oferta Turística e das Capacidade instalada do Município de Apiaí*. Apiaí: Prefeitura Municipal e Camargo Corrêa Industrial S/A, 1998.

SHIMADA, H. et al. 1998. *Diagnóstico da situação mineraria no PETAR e nas suas vizinhanças*. In: Shimada, H (Coord.): Comunicação ao conhecimento do meio físico no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – PETAR (Apiaí e Iporanga, SP). São Paulo, Instituto Geológico, Relatório final (Inédito).

SCALEANTE, Oscarlina Ap. F. *Geography and Speleology*. In: *Proceedings of the 12th. International Congress of Speleology. Volume 1, 363. La Chaux-de-Fonds / Switzerland 10-17 August 1997*. International Union of Speleology / Swiss Speleological Society, 1997.

\_\_\_\_\_. *Rapel na Casa de Pedra*. In: Informativo SBE nº 35, Ano VI, p. 7. Set.out/1990.

SESSEGOLO, Gisele C. (coord.) *Conservação e Manejo da Gruta de Botuverá - SC*. Convênio: Prefeitura e Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná, 1997.

SIGRH-Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. 2001. *Dados pluviométricos do Posto Serra dos Motas (município de Iporanga)*. [www.sigrh.sp.gov.br](http://www.sigrh.sp.gov.br), 27/07/2001.

TAVARES FILHO, Roberto F. *Contagem de visitantes em parques nacionais. Uma aplicação prática da compressão de dados em tempo real*. 2003. Boletim Informativo da SBE, março de 2003

Data Acquisition Fundamentals-Tutorial National Instruments.

<http://digital.ni.com/devzone/conceptd.nsf/webmain/139DFA364>.

TAVARES, R. e GUTJHAR, M. R 1999. *Contribuição ao conhecimento do meio físico no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – PETAR (Apiá e Iporanga, SP – Cap IV: Clima*. São Paulo: Instituto Geológico – SMA (relatório interno)

VIANA JÚNIOR, O. 2002. *Hidroquímica, hidrologia e geoquímica isotópica ( $O$  e  $H$ ) da fácies de percolação vadosa autogênica, Caverna de Santana, município de Iporanga, Estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado do Instituto de Geociências da USP.

VILLAR, E.; BONET, A.; DIAZ-CANEJA, B.; FERNANDEZ, P. L.; GUTIERREZ, I., QUINDOS, L. S., SOLANA, J. R.; SOTO, J. 1984. *Ambient temperature variations in the Hall of Paintings of Altamira Cave due to the presence of visitors*. Cave Science, Transactions for the British Cave Research Association, 11(2), July, 99-104.

WWF Brasil & ING-ONG. *Plano de Uso Recreativo do PETAR, Iporanga e Apiá, SP. Relatório Técnico Parcial*. São Paulo: WWF Brasil e Instituto Ing-Ong de Planejamento Socioambiental, 2002.

---

## ANEXOS

1. Código de Ética da SBE
2. Projeto de Lei nº 5.071
3. Decreto nº 99.556
4. Portaria IBAMA nº 887
5. Alimentos e equipamentos do Projeto PETAR-61

## ANEXO 1

---

### CÓDIGO DE ÉTICA DA ESPELEOLOGIA BRASILEIRA

1. Localizar, cadastrar e desenvolver estudos sobre todas as cavidades naturais do país, de forma a definir áreas de interesse espeleológico e orientar as ações de defesa das cavernas;
2. Não divulgar para o grande público as novas descobertas, bem como a localização exata e acessos às cavernas frágeis ou que contenham elementos bióticos ou abióticos raros, sem antes garantir legal, institucional, técnica e fisicamente sua proteção;
3. Lutar pela criação de parques e outras unidades de conservação ambiental visando à preservação das cavernas, seu entorno imediato e ecossistemas associados;
4. Lutar pela criação e efetiva aplicação de legislação ambiental e cultural específicas de proteção às cavernas;
5. Garantir a adequada seleção, manejo e utilização de grutas turísticas, assegurando a participação de especialistas na elaboração, execução e monitoramento dos planos de manejo turísticos e voltados a outros usos.
6. Fechar de maneira temporária ou permanente cavernas ou setores de cavernas geológica ou ecologicamente frágeis que estejam sujeitas a ações destrutivas ou ainda que coloquem em risco a segurança dos visitantes;
7. Promover o estabelecimento de uma efetiva ética ambiental dos espeleólogos, com base no lema: “de uma caverna nada se tira a não ser fotografias, nada se deixa a não ser pegadas (nos lugares certos) e nada se mata a não ser o tempo”;
8. Participar de entidades espeleológicas e ambientalistas, desenvolvendo luta permanente em defesa das cavernas, denunciando ações degradadoras e acionando judicialmente as pessoas e empresas que causem danos ao patrimônio espeleológico;
9. Promover debates, cursos, seminários e ampla divulgação pelos meios de comunicação sobre a importância ecológica, estética, científica, cultural e turística das cavernas e da consequente necessidade de sua preservação;



10. Desenvolver estudos e ações que visem utilizar criteriosamente as cavernas como instrumento da melhoria da qualidade de vida das populações vizinhas através de turismo, uso de mananciais subterrâneos ou outros que, representando retorno social, façam dessas populações seus admiradores e guardiães.

## ANEXO 2

### PROJETO DE LEI DE PROTEÇÃO ÀS CAVERNAS SUBSTITUTIVO DO SENADO AO

PROJETO DE LEI DA CÂMARA Nº 36 DE 1996

***Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas, em conformidade com o inciso X do art. 20 e o inciso V do art. 216 e inciso III do §1º do art. 225 da Constituição Federal e dá outras providências.***

O CONGRESSO NACIONAL decreta:

Art. 1. Esta lei regula a proteção e a utilização das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, em conformidade com os artigos 20, inciso X; 216, inciso V e 225, § 1, inciso III, da Constituição Federal.

Art. 2. Para os efeitos desta Lei entende-se por:

- I - cavidade naturais subterrâneas: os espaços conhecidos como cavernas, formados por processos naturais, independentemente do tipo de rocha encaixante ou de suas dimensões, incluídos o corpo rochoso onde se inserem, sua ambiente, seu conteúdo mineral e hídrico, e as comunidades animais e vegetais ali existentes;
- II - grutas, tocas e lapas: cavernas com desenvolvimento predominante horizontal;
- III - abismos, furnas e buracos: cavernas com desenvolvimento predominante vertical;
- IV - sistema espeleológico: conjunto de cavidades naturais subterrâneas por um sistema de drenagem ou por espaços no corpo rochoso;
- V - patrimônio espeleológico: conjunto de elementos bióticos e abióticos, subterrâneos e superficiais, representado pelas cavidades naturais subterrâneas e pelos sistemas espeleológicos ou a eles associados;
- VI - áreas potenciais de patrimônio espeleológico: áreas que, devido a sua constituição geológica e geomorfológica, sejam propícias à ocorrência de cavidades naturais subterrâneas;
- VII - área de influência: área que compreende os recursos bióticos e abióticos, superficiais e subterrâneas e/ou do sistema espeleológico.

Art. 3º A delimitação da área de influência será estabelecida por meio de estudo técnico-científico aprovado pelo órgão federal competente.

§ 1º Até que seja delimitada, na forma do caput deste artigo, a área de influência corresponderá a uma faixa de 300 metros, considerada a partir da projeção em superfície do desenvolvimento linear da cavidade natural subterrânea;

§ 2º Na faixa estabelecida conforme o parágrafo anterior, serão proibidas a pesquisa e lavra mineral, a construção de estradas e rodovias, e atividades e empreendimentos capazes de afetar o solo e o subsolo, provocar erosão de terras, assoreamento ou poluição das coleções hídricas;

§ 3º Não se incluem na proibição estabelecida no parágrafo anterior as vias de acesso definidas em Plano de Manejo da cavidade natural subterrânea.

§ 4º A regulamentação desta Lei definirá, para os diversos casos aos quais se aplica o disposto neste artigo, os responsáveis pela elaboração do estudo a que se refere o caput.

Art 4º A União, diretamente ou por meio de convênio ou outros instrumentos legais de parceria com os Estados, o Distrito Federal ou entidades representativas da comunidade espeleológica brasileira, elaborará o Cadastro Nacional do Patrimônio Espeleológico.

Parágrafo único. A elaboração do Cadastro Nacional do Patrimônio Espeleológico deverá ter, necessariamente, a participação de entidades representativas da comunidade técnico-científica brasileira das especialidades afins.

Art. 5º Os detentores de direitos ou licenças para exploração de recursos naturais e/ ou proprietários de imóveis, bem como detentores de títulos de concessão, ficam obrigados a informar ao órgão competente integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, a ocorrência de cavidades naturais subterrâneas na áreas sob sua responsabilidade e adotar, de imediato, medidas para a proteção dessas cavernas e de sua áreas de influência.

Parágrafo único. O não cumprimento do disposto neste artigo sujeita o infrator ao pagamento das multas previstas no art. 11 desta Lei e à cassação da licença do empreendimento, sem prejuízo das demais cominações legais.

Art. 6º As atividades em cavidades naturais subterrâneas não serão permitidas sem a devida permissão, autorização ou licença da autoridade competente, na regulamentação desta Lei.

§ 1º A autorização, permissão ou licença para atividades de turismo e de lazer intensivos ou realizados em caráter permanente em cavidades naturais subterrâneas será condicionada à apresentação de Plano de Manejo do qual conste programa de educação ambiental.

§ 2º Atividades de visitação esporádica de caráter esportivo, científico exploratório ou educacional estão liberadas da autorização, permissão ou licença de que trata o caput deste artigo e seu disciplinamento deverá constar da regulamentação desta Lei.

Art. 7º A União poderá ceder a Estados, a Municípios e ao Distrito Federal o uso de cavidades naturais subterrâneas, pelo prazo de 50 (cinquenta) anos, sucessivamente renovável, de acordo com critérios estabelecidos na regulamentação desta Lei.

Parágrafo único. A União poderá delegar aos Estados, Municípios e ao Distrito federal poder para fiscalização da utilização da cavidades naturais subterrâneas, bem como para a aplicação de sanções administrativas.

Art. 8º As atividades atualmente existentes nas cavidades naturais subterrâneas e suas áreas de influência, e nas áreas potenciais de patrimônio espeleológico sujeitam-se ao licenciamento ambiental, na forma desta Lei.

Parágrafo único. O licenciamento de que trata este artigo deverá ser requerido nos cento e oitenta dias posteriores à publicação desta Lei, sob pena de interdição da atividade e da aplicação da multa correspondente.

Art 9º O poder Público instituirá unidades de conservação ou outras formas de acautelamento, visando à valorização e à proteção do patrimônio espeleológico.

Art 10º A utilização do patrimônio espeleológico em desacordo com o disposto nesta Lei constitui dano ao meio ambiente e ao patrimônio da União, estando legitimadas para a promoção da ação principal ou cautelar as pessoas e entidades mencionadas no art. 5º da Lei 7.347, de 24 de julho de 1985.

Art 11 Constitui crime a utilização que destrua total ou parcialmente as cavidades naturais subterrâneas.

Pena - detenção e 6 (seis) meses a 3 (três) anos e multa

Art. 12 Constitui infração a esta Lei:

I - realizar, sem autorização, exceto nos casos previsto no art 6º, § 4º, desta Lei, estudos de qualquer natureza e práticas de turismo e lazer nas cavidades naturais subterrâneas;

Multa: de R\$ 100,00 a R\$ 1.000,00

II - a retirada sem autorização de material biológico, geológico, arqueológico ou paleontológico de cavidades naturais subterrâneas.

Multa de R\$ 300,00 a R\$ 5.000,00

III - exercer atividades sem autorização ou licenciamento ou em desconformidade com estes, na área de influência da cavidade natural subterrânea, excetuando-se os casos previstos no art. 6º, § 4º, desta Lei.

Multa de R\$ 500,00 a R\$ 100.000,00

§ 1º As multas serão aplicadas em dobro em caso de reincidência.

§ 2º O descumprimento de auto de interdição sujeitará o infrator a multa diária, cujo valor será correspondente ao máximo da respectiva capitulação, até a cessação da atividade infratora.

§ 3º A regulamentação desta Lei estabelecerá os critérios para perícia e cálculo da pena de multa, bem como para sua revisão periódica, com base nos índices constantes da legislação pertinente.

Art 13 São as autoridades competentes que deixem, por omissão ou negligência comprovadas, de aplicar as medidas preventivas e punitivas às infrações a esta Lei, sujeitas às penalidades previstas no artigo anterior, sem prejuízo das sanções administrativas cabíveis.

Art 14 Os recursos provenientes das multas de que trata esta Lei, bem como da venda e leilão de bens apreendidos ou de qualquer forma de arrecadação que envolva o uso indevido do Patrimônio Espeleológico, serão recolhidos ao órgão, integrante do SISNAMA, competente para sua aplicação e revertidos necessariamente a projetos ou ações de conformidade com a proteção desse patrimônio.

Art. 15 O Poder Executivo regulamentará esta Lei no prazo de cento e vinte dias após sua publicação.

Art. 16 Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação.

Art. 17 Revogam-se as disposições em contrário.

Obs: acrescentando-se os artigos:

(art.6 do projeto original – que passa a ser o art.5 do PL)

“Os órgãos federais financiadores de pesquisa e projetos, nas áreas de atuação referidas no artigo anterior, darão especial atenção à apreciação de trabalhos a serem realizados nas cavidades naturais subterrâneas.”

(art.10 do projeto original – que passa a ser o art.15 do PL)

“Ficam revogados quaisquer atos administrativos de licença, autorização e alvarás de pesquisa ou lavra mineral que coloquem em risco a integridade do Patrimônio Espeleológico.”

## ANEXO 3

### **Decreto Nº 99.556, de 1º de outubro de 1990.**

Publicado no Diário Oficial nº 190, de 02.10.90, Seção I, pág. 18836.

Dispões sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências.

O VICE-PRESIDENTE DA REPÚBLICA, no exercício do cargo de PRESIDENTE DA REPÚBLICA, no uso da atribuição que lhe confere o art. 84, inciso IV, da Constituição e tendo em vista o disposto nesta, arts. 20, X, e 216, como na Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e no Decreto nº 99 274, de 7 de junho de 1990,

#### D E C R E T A:

Art. 1º - As cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional constituem patrimônio cultural brasileiro, e, como tal, serão preservadas e conservadas de modo a permitir estudos e pesquisas de ordem técnico-científica, bem como atividades de cunho espeleológico, étnico-cultural, turístico, recreativo e educativo.

Parágrafo único. Entende-se como cavidade natural subterrânea todo e qualquer espaço subterrâneo penetrável pelo homem, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que a sua formação haja ocorrido por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou do tipo de rocha encaixante. Nesta designação estão incluídos todos os termos regionais, tais como gruta, lapa, toca, abismo, fuma e buraco.

Art. 2º - A utilização das cavidades naturais subterrâneas e de sua área de influência deve fazer-se consoante a legislação específica, e somente dentro de condições que assegurem sua integridade física e a manutenção do respectivo equilíbrio ecológico.

Parágrafo único. A área de influência de uma cavidade natural subterrânea há de ser definida por estudos técnicos específicos, obedecendo às peculiaridades e características de cada caso.

Art. 3º - É obrigatória a elaboração de estudo de impacto ambiental para as ações ou os empreendimentos de qualquer natureza, ativos ou não, temporários ou permanentes, previstos em áreas de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas ou de potencial espeleológico, os quais, de modo direto ou indireto, possam ser lesivos a essas cavidades, ficando sua realização, instalação e funcionamento condicionados à aprovação, pelo órgão ambiental competente, do respectivo relatório de impacto ambiental.

Parágrafo único. No que concerne às ações e empreendimentos já existentes, se ainda não efetivados os necessários estudo e relatório de impacto ambiental, devem estes ser realizados, em prazo a ser fixado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

Art. 4º - Cabe ao Poder Público, inclusive à União, esta por intermédio do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, preservar, conservar, fiscalizar e controlar o uso do patrimônio espeleológico brasileiro, bem como fomentar levantamentos, estudos e pesquisas que possibilitem ampliar o conhecimento sobre as cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional.

Parágrafo único. No cumprimento do disposto no caput deste artigo, o IBAMA pode efetivar, na forma da lei, acordos, convênios, ajustes e contratos com entidades públicas ou privadas, nacionais, internacionais ou estrangeiras.

Art. 5º - Para efeito deste decreto, consideram-se:

I - patrimônio espeleológico: o conjunto de elementos bióticos e abióticos, sócio-econômicos e histórico-culturais, subterrâneos ou superficiais, representados pelas cavidades naturais subterrâneas ou a estas associados;

II - áreas de potencial espeleológico: as áreas que, devido à sua constituição geológica e geomorfológica, sejam suscetíveis do desenvolvimento de cavidades naturais subterrâneas, como as de ocorrência de rochas calcárias;

III - atividades espeleológicas: as ações desportivas ou aquelas técnico-científicas de prospecção, mapeamento, documentação e pesquisa que subsidiem a identificação, o cadastramento, o conhecimento, o manejo e a proteção das cavidades naturais subterrâneas.

Art. 6º - As infrações ao disposto neste decreto estão sujeitas às penalidades previstas na Lei nº 6 938, de 31 de agosto de 1981, e normas regulamentares.

Art. 7º - Este decreto entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Brasília, 1º de outubro de 1990; 169º da Independência e 102º da República.

ITAMAR FRANCO  
Bernardo Cabral

## **ANEXO 4**

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA

**Portaria nº 887, de 15 de junho de 1990**

Publicado no Diário Oficial nº 117, de 20.06.90, Seção I, Pág. 11844.

**O PRESIDENTE INTERINO DO INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA, no uso das atribuições que lhe são conferidas pelo art. 83, inciso XIV do Regimento Interno do IBAMA aprovado pela Portaria nº 455 de 16 de agosto de 1989 e tendo em vista o disposto na Lei nº 7.735 de 22 de fevereiro de 1989, publicada no Diário Oficial da União de 23 de fevereiro de 1989 e na Resolução CONAMA nº 005 de 06 de agosto de 1987, resolve:**

Art. 1º - Promover a realização de diagnóstico da situação do patrimônio espeleológico nacional, através de levantamento e análise de dados, identificando áreas críticas e definindo ações e instrumentos necessários para a sua devida proteção e uso adequado.

Art. 2º - Constituir um Sistema Nacional de Informações Espeleológicas, conjugado ao SINIMA contendo informação permanentemente atualizada sobre cavidades naturais subterrâneas existentes em território nacional, instituições de pesquisa, pesquisadores e documentação técnico-científica a elas associados.

Art. 3º - Limitar o uso das cavidades naturais subterrâneas apenas a estudos de ordem técnico-científica, bem como atividades de cunho espeleológico, ético-cultural, turístico, recreativo e educativo.

& 1º - As atividades ou pesquisas que possam ser lesivas as cavidades naturais subterrâneas, ou que impliquem em coleta de vegetais, captura de animais e/ou apanha de material natural das mesmas dependerão de prévia autorização do IBAMA, ou de instituição por ele credenciada, nos termos da legislação em vigor, devendo o pedido de autorização receber resposta formal no prazo máximo de 90 (noventa) dias a partir da data de entrada do processo.

& 2º - Qualquer uso das cavidades naturais subterrâneas poderá ser suspenso, restringido ou proibido, a qualquer tempo, no seu todo ou em parte, naquelas em que se verificar alterações não autorizadas a sua integridade física ou a seu equilíbrio ecológico ou estarem estes sob risco de degradação em decorrência dessas atividades.

Art. 4º - Declarar a obrigatoriedade de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental para as ações ou empreendimentos de quaisquer natureza, ativos ou não, temporários ou permanentes, previstos ou existentes em áreas de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas ou de potencial espeleológico, que direta ou indiretamente possam ser lesivos a essas cavidades.

Art. 5º - Proibir desmatamentos, queimadas, uso de solo e sub-solo ou ações de quaisquer natureza que coloquem em risco as cavidades naturais subterrâneas e sua área de influência, a qual compreenda os recursos ambientais, superficiais e subterrâneos, dos quais dependam sua integridade física ou seu equilíbrio ecológico.

& 1º - Ações ou omissões consideradas nocivas ao patrimônio espeleológico, constituem-se em atividades potencialmente degradadoras do meio ambiente, sujeitando os infratores às penalidades previstas na legislação administrativa, civil e penal, sem prejuízo ao dever de reparação do dano.

& 2º - Constatada a infração, será lavrado o auto pela autoridade competente, com relatório consubstanciado ao Ministério Público da União e dos Estados, para a propositura das ações pertinentes.

Art. 6º - A área de influência de uma cavidade natural subterrânea será definida por estudos técnicos específicos, obedecendo às peculiaridades e características de cada caso.

& ÚNICO - A área a que se refere o presente artigo, até que se efetive o previsto no caput, deverá ser identificada a partir da projeção em superfície do desenvolvimento linear da cavidade considerada, ao qual será somado um entorno adicional de proteção de, no mínimo 250 (duzentos e cinquenta) metros.

Art. 7º - Promover a elaboração e a implantação de planos de divulgação e conscientização sobre a importância do patrimônio espeleológico nacional.

Art. 8º - Treinar e capacitar técnicos da Administração Central, das Superintendências Estaduais e das Unidades de Conservação, para atividades de estudo, proteção e manejo de cavidades naturais subterrâneas.

Art. 9º - Para o cumprimento desta Portaria o IBAMA formalizará Acordos, Convênios e Termos de Ajuste com entidades públicas ou privadas, nacionais, internacionais ou estrangeiras, especialmente a Sociedade Brasileira de Espeleologia.

Art. 10º - Para efeito desta Portaria, consideram-se

I - Cavidade natural subterrânea todo e qualquer espaço subterrâneo penetrável pelo homem, com ou sem abertura identificada popularmente conhecido como caverna, incluindo seu ambiente, seu conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontradas e o corpo rochoso onde as mesmas se inserem, desde que a sua formação tenha sido por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou do tipo de rocha encaixante. Nesta designação estão incluídos todos os termos regionais, como gruta, lapa, toca, abismo, fuma, buraco, etc.

II - Patrimônio espeleológico: conjunto de elementos bióticos e abióticos, sócio-econômicos e histórico-culturais, superficiais e/ou subterrâneos, representados ou associados às cavidades naturais subterrâneas.

III - Áreas de potencial espeleológico: áreas que, devido a sua constituição geológica e geomorfológica, sejam susceptíveis ao desenvolvimento de cavidades naturais subterrâneas, como, por exemplo, as de ocorrência de rochas calcárias.

IV - Espeleotemas: deposições minerais em cavidades naturais subterrâneas que se formam, basicamente, por processos químicos, como exemplo as estalactites e as estalagmites.

V - Atividade espeleológica: ações desportivas ou técnico-científicas de prospecção, mapeamento, documentação e pesquisa que subsidiem a identificação, o cadastramento, o conhecimento, o manejo e a proteção das cavidades naturais subterrâneas.

Art. 11º - Esta Portaria passará a vigorar na data de sua publicação.

TÂNIA MARIA TONELLI MUNHOZ

## **ANEXO 5 ALIMENTOS E EQUIPAMENTOS DO PROJETO PETAR 61**

**Relatório sobre o peso de Dan Robson, partindo da data da entrada e intercalado com períodos de 10 dias.**

01 dia 72.20 kg

10 dias 68.10 kg

20 dias 68.86 kg

30 dias 69.10 kg

40 dias 68.90 kg

50 dias 67.64 kg

60 dias 67.55 kg

### **Material utilizado durante o Projeto**

1 barraca (Hummer) 2,80 x 2,80m altura: 2,20m

6 sacos estanques 40 Litros (Montana)

2 mochilas estanques (Montana)

1 mini-estante de plástico

1 colchão inflável 2,10 x 0,80m (Hummer)

8 isolantes térmicos (Nomad)

2 baterias de carro a álcool 60 Ap

400 metros de fio 4 pares duplos blindados

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE



1 vídeo-cassete VHS  
1 mini Tv Pb  
3 mini-câmeras  
1 câmera digital 2 ccd HI8mm  
1 CD player  
2 interfones para comunicação  
1 mini-gravador de áudio  
1 jogo de cabureteira (Montana)  
1 jogo fogareiro e painéis aço inox (Montana)  
6 jogos de roupas (Solo)  
1 balança até 100kg (Toledo do Brasil)

---

3 botijões de gás 2kg  
20 fitas VHS  
10 fitas HI8mm  
1 caderno 400 folhas  
10 livros para leitura (cerca 10.000 folhas)  
20 CD's de músicas diversas  
1 travesseiro inflável  
14 metros de corda 4mm  
40 metros de fita colante Sylver Tape  
98 pilhas alcalinas AA pequenas  
107 velas pequenas  
104 lenços descartáveis  
400 saquinhos plásticos.  
3 kg de cabureto  
40 metros de corda 10mm  
15 metros de forro de piso (Montana)  
2 lampiões a gás  
3 litros de álcool  
12 rolos de papel higiênico

### **Alimentação consumida durante o Projeto**

3 latas de Neston

3 latas de aveia

120 saquinhos RX-Pró (Probiótica).

3 potes Carb-Up 800gr (Probiótica)

32 saquinhos de macarrão instantâneo

8 latas de leite em pó 400gr

8 latas de sardinha 180gr

3 kg de açúcar

16 latas de seleta de legumes

6 latas de milho verde

---

48 latas de refrigerantes 300ml

3 latas de chocolate em pó 500gr

2 latas capuccino 200gr

4 latas de carne bovina 350gr

2 latas de abacaxi em calda 500gr

4 latas de goiabada 500gr

2 latas de Marrom Glacê 500gr

2 barras de chocolate 600gr

1 kg de feijão preto

3 kg arroz

1 kg lentilha

18 mixiricas

24 ovos

1 kg de frango

2 kg carne bovina em bife

1 carne moída

8 peras

18 maçãs

23 laranjas

4 mangas

---

8 latas de doce-de-leite

8 kg de pão-de-forma

3 kg de batatas

2 kg de mandioca

1 kg de filé de peixe

2 mamão

3 latas de ervilha

2 kg de lingüiça

---